Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften

Band 14, Heft 4 (1973)

Formale Didaktik und Formaldidaktiken – Ein Überblick über Entwicklung und Ansätze bis 1971 *

von Klaus-Dieter GRAF, Neuss
Aus dem Seminar für Didaktik der Mathematik der Pädagogischen Hochschule Rheinland, Abt. Neuss

1. *Der Beginn der Entwicklung, wissenschaftliche und technische Grundlagen*

1.1 *Formale Didaktik und Formaldidaktiken*

Zu den auffälligsten Ansätzen im Bereich der kybernetisch-technologisch orientierten Pädagogik gehören ohne Zweifel das ab 1965 entwickelte Konzept der formalen Didaktik und dessen Realisierungen, die sogenannten Formaldidaktiken (Frank 1966). Man darf das behaupten, weil diese Ansätze nicht nur auf einschlägigen Kongressen und Symposien referiert und diskutiert wurden (vgl. Frank 1963 – 1966, Rollett und Weltner 1971 und 1973, Klix 1967), sondern weil sie mittlerweile auch Eingang in die allgemeine pädagogische Diskussion, Literatur und Lehre gefunden haben (vgl. etwa Herder 1972, 1973, Nicklis 1967, Blankertz 1969, Philologenverband NRW 1969).

Ein erster Abschnitt der Entwicklung und Anwendung von Formaldidaktiken scheint inzwischen abgeschlossen; die ersten Projekt-Abschlußberichte liegen vor (Graf 1969, Schupe, Berger, Dietz 1972); es ist deshalb wohl gerechtfertigt, in einer Rückschau zu zeigen, wie es zum heutigen Stand kommen konnte und welche Entwicklungsmöglichkeiten sich im Lichte dieses Standes abzeichnen.

1.2 *Einordnung und Kennzeichnung*

Die Auffälligkeit und die Bedeutung des Konzepts formale Didaktik ist vorwiegend darin begründet, daß es im allgemeineren Rahmen einer kybernetischen Pädagogik konkurrierend neben andere Modellansätze didaktischer Theorien tritt. Blankertz (1969) stellt es unter Einbeziehung weiterer kybernetischer Aspekte der Pädagogik, insbesondere der Redundanztheorie Felix von Cubes als „kybernetische Didaktik" neben eine „bildungstheoretische Didaktik" und eine „unterrichtstheoretische oder lerntheoretische Didaktik". W. Schulz (1967) allerdings und auch K.H. Schäfer (Herder 1973) wollen darin nur eine Methodik sehen, aufgrund einer zunächst eingeschränkten, von Frank später erweiterten Definition (Frank 1969 b, 1972).

Die Ausarbeitung einer formalen Didaktik wie generell der kybernetischen Pädagogik ist zu sehen auf dem Hintergrund der Entfaltung der Kybernetik in den fünfziger und sechziger Jahren und ihrer Anwendung in bislang den Geisteswissenschaften vorbehaltenen Bereichen einerseits und der Konstruktion automatischer Datenverarbeitungsanlagen andererseits. Insbesondere die Ergebnisse der Informationstheorie, der Regelungstheorie und der Theorie der abstrakten Automaten ließen die Vermutung aufkommen, daß

* Die Arbeit steht im Rahmen eines vom Bundesminister für Wissenschaft und Forschung geförderten Projekts „Autor-Rechner-Dialog".

auch der Problembereich „Pädagogik" zum Anwendungsgebiet kybernetischer Theorien und Methoden werden könnte; die Leistungsfähigkeit der Rechenanlagen ließ erwarten, daß komplexe pädagogische Vollzüge objektivierbar werden könnten.

Obwohl Frank selbst den Terminus „formale Didaktik" nicht mehr verwendet, würde ich ihn beibehalten, um ein gewisses theoretisches, kybernetisch orientiertes Konzept der Didaktik von den praktisch realisierten Formaldidaktiken abzusetzen. Die Bezeichnung „kybernetische Didaktik" für dieses Konzept scheint nicht ganz zutreffend, sie wird von anderen Autoren für einen wesentlich größeren Problemkreis verwendet als für den hier zur Diskussion stehenden (Blankertz 1969, v. Cube 1968).

Kennzeichnend für die formale Didaktik ist zunächst die inhaltliche Auffassung, daß in einer Bildungs- oder Unterrichtswissenschaft im Hinblick auf die Didaktik stattzufinden hat:

„(1) die Untersuchung der Komponenten, durch welche die aufeinander bezogenen Prozesse des Lehrens und Lernens in Ablauf und Sinn verständlich werden;
(2) die Untersuchung der zwischen diesen Komponenten bestehenden Zusammenhänge, d.h. der Bedingungen ihrer Vereinbarkeit".

(Frank und Meder 1971, S. 27)

Die Vorstellung, was die unter (1) genannten Komponenten sind, wird dabei in Anlehnung an die von Paul Heimann analysierten Elementarstrukturen des Unterrichts bestimmt durch die ‚pädagogischen Variablen' Psychostruktur, Soziostruktur, Lehrstoff, Lehrziel, Lehrstrategie und Medium; die Aufdeckung ihrer Zusammenhänge ist Didaktik.

Unter methodischem Aspekt ist wesentlich, daß die Gegenstände der formalen Didaktik kybernetisch zu erfassen und zu behandeln sind. Das bedeutet u.a. ein quantitatives, z.T. sogar metrisierendes, und algorithmisches, z.T. sogar kalkülisierendes Vorgehen, das sich heute vorwiegend auf Informationstheorie, Regelungstheorie und Theorie der abstrakten Automaten stützt. Für die Didaktik folgt daraus die Beschreibung der erfaßten Relationen zwischen den pädagogischen Variablen durch Funktionen im mathematischen Sinne einschließlich der Wege zur Berechnung ihrer Werte, z.B. durch Algorithmen.

Die Aufstellung konstruktiver Funktionsvorschriften zu solchen Didaktikfunktionen ist gegenwärtig das Hauptanliegen der formalen Didaktik. Jeder Algorithmus, der die Berechnung der Werte einer Didaktikfunktion gestattet, wird als Formaldidaktik bezeichnet.

Schließlich ist die formale Didaktik, wie die kybernetische Pädagogik überhaupt, gekennzeichnet durch ihr Ziel der Objektivierung. Darunter kann hier verstanden werden die Absicht, die Abwicklung einer Formaldidaktik, also die Berechnung der Funktionswerte einer Didaktikfunktion, an automatische Datenverarbeitungsanlagen zu delegieren. Dies ist, soweit Formaldidaktiken gefunden wurden, auch realisiert worden, die entsprechenden Rechnerprogramme werden oft im engeren Sinne als „Formaldidaktiken" bezeichnet.

2. *Erste Realisierungen, 1965 – 1969*

2.1 *COGENDI – Lehrprogrammieren mit Bausteinen*

Eine Formaldidaktik, die auch nur näherungsweise das leisten konnte, was Pädagogen als Ergebnis der didaktisch-methodischen Vorbereitung etwa einer Unterrichtsstunde anerkennen würden, war von vornherein ausgeschlossen, da die Metrisierung der pädagogischen Variablen längst noch nicht weit genug fortgeschritten war. Wohl standen für die Psychostruktur einfache Modelle bereit, für die Lehrstrategie Ansätze zu einer Theorie der Lehralgorithmen, für das Medium Elemente einer Theorie der Lehrautomaten. Doch diese genügten alle nicht, um komplexere Vorgänge im Lehr-/Lernprozeß angreifen zu können, die über Auswendig- und Wahrscheinlichkeitslernen hinausgingen und von Phänomenen wie z.B. Motivation oder soziales Lernen abhängig wären.

Bezüglich der anderen Variablen Lehrstoff, Lehrziel und Soziostruktur war hinsichtlich einer Kybernetisierung praktisch noch keine Vorarbeit geleistet.

War schon der Zugriff zu den Variablen so vorbelastet, so kam erschwerend hinzu, daß es auch an Didaktikfunktionen fehlte, die einer Algorithmierung zugänglich waren. Weder für traditionelle Unterrichtsformen noch auch nur für den seinerzeit vordrängenden programmierten Unterricht lagen hinreichend präzisierte Didaktikfunktionen vor. Ein bescheidener Ansatz war die sog. *w-t*-Didaktik, die im Institut für Kybernetik in Berlin für die Erstellung von Lehrprogrammen verwendet wurde.

Wollte man eine Realisierbarkeit von Formaldidaktiken überhaupt einmal abschätzen, so konnte dies nur unter radikaler Einschränkung von Definitions- und Wertebereich sowie der Didaktikfunktion auf extrem spezialisierte Unterrichtsanliegen und unter Einbeziehung personaler Vollzüge in die Formaldidaktik geschehen.

In diesem Sinne skizzierte Frank 1966 in den grundlegenden ‚Ansätze zum algorithmischen Lehralgorithmieren' eine (damals so genannte) ‚Bausteinmethode', aus der dann COGENDI hervorging (Computer Organisiert Gemäß Eingegebenen Normbausteinen Didaktischen Informationsumsatz). COGENDI ist eine halbalgorithmische Formaldidaktik, und zwar die Funktionsvorschrift einer Didaktikfunktion mit den unabhängigen Variablen Lehrstoff, Lehrziel, Medium, Psychostruktur und Soziostruktur und mit der abhängigen Variablen Lehrstrategie. Diese Funktion entspricht der didaktischen Aufgabe der Erstellung geeigneter Lehralgorithmen und damit Lehrprogramme für den Programmierten Unterricht, wenn die Werte der genannten unabhängigen Variablen bereits festgelegt sind.

Die bei allen Formaldidaktiken wiederkehrende Grundstruktur von COGENDI besteht darin, daß in einem Regelprozeß ein Psychostrukturmodell durch ein Lehrsystemmodell hypothetisch belehrt wird. An die Stelle der externen Reaktionen eines Adressaten im realen Lehr-Lernprozeß treten berechenbare interne Zustandsveränderungen des Psychostrukturmodells, die mit einem Lehrziel-Zustand verglichen werden können.

Das Lehrsystemmodell erfüllt seine „Lehrfunktion" bei COGENDI durch Zusammenstellung einer Folge von Lehrquanten und Verknüpfern („Bausteinen") in einer Weise, „daß der angebotene subjektive Informationsfluß möglichst dicht bei der Apperzeptionsgeschwindigkeit des Adressaten gehalten wird" (Frank 1967, S. 184). Das Lernsystem „ermittelt am gespeicherten Zustand des (Psychostruktur)Modells die Auswirkung eines möglichen nächsten Lehrschritts ..., vergleicht sie mit den Wirkungen anderer möglicher Fortsetzungen eines schon konstruierten möglichen Lehrwegs und trifft nach einem Optimalitätskriterium (an die Apperzeptionsgeschwindigkeit bestangepaßter Informationsfluß) seine Wahl" (Frank wie oben).

Neben dieser Lösung der Funktionsvorschrift ist an COGENDI bedeutsam die Einbeziehung von vorgegebenen Bausteinen für Lehrschritte als zusätzlicher Variable neben Lehrstoff, Medium, Psychostruktur, Soziostruktur und Ziel. Sie ermöglichen, daß der Funktionswert, der Lehralgorithmus, neben der algorithmisch gewonnenen Makrostruktur auch automatisch seine Mikrostruktur erhält (Näheres vergleiche Blischke, Hilbig und Rüßmann, 1968).

2.2 *ALZUDI – Lehrprogramme über Zuordnungen*

Einen zweiten Entwurf einer Formaldidaktik, ALZUDI (Algorithmische Zuordnungs-Didaktik) beschrieb Frank Anfang 1967 in dem Aufsatz: „Zur Objektivierbarkeit der Didaktik" (Frank 1967). Hierbei ging es zu Demonstrationszwecken um eine vollalgorithmische Formaldidaktik, die einen Lehralgorithmus als Funktion von *L, M, S, P* und *Z* allein berechnen konnte. Dieser Anspruch konnte auf Kosten weiterer Einengungen der unabhängigen Variablen und der Qualität des Funktionswertes tatsächlich fast befriedigt werden, anstelle der Bausteine bei COGENDI mußten nur noch in gewisser Weise lehrstoffunabhängige Grundformen für die Formulierung von Lehrquanten und Verknüpfern bereitgestellt werden. Als Lehrstoff waren Zuordnungen zwischen zwei Begriffsmengen, z.B. von deutschen und fremdsprachlichen Wörtern vorgesehen.

2.3 *Ergebnisse und Kritik*

Die beiden oben skizzierten Formaldidaktiken wurden 1966 – 1969 der interessierten Fachwelt bekannt und veranlaßten zum einen die anfangs erwähnte Diskussion, zum anderen auch eine Fülle von Anwendungsversuchen und von daraus folgenden konstruktiven Anregungen (Steffen, Siegel, Waldau u.a.).

Einige wichtige Ergebnisse dieser ersten Phase waren:

1. Die Algorithmierung und Rechnerprogrammierung der formaldidaktischen Entwürfe war lösbar; der Aufwand an Rechenzeit blieb in vernünftigem Rahmen.
2. Zahlreiche Anwender lernten, die Formaldidaktiken sinngemäß zu benutzen.
3. Die entstehenden Lehrprogramme befriedigten i.a. in ihrer sprachlichen Form und in ihrem methodischen Aufbau nicht, selbst bei strenger Einhaltung des Definitionsbereiches.

4. Bei Unterrichtsversuchen wurden allerdings oft die Ziele im Rahmen der Theorie erreicht (vgl. z.B. Graf 1967a).
5. Die Anwender tendierten besonders bei ALZUDI dazu, die Formaldidaktik zu überfordern, z.B. sich beim Lehrstoff nicht an die vorgegebenen Inhalts- und Struktureinschränkungen zu halten.
6. Die Anwender erkannten die Festlegung der Werte der unabhängigen Variablen, insbesondere Lehrstoff und Lehrziel als unabhängiges und schwieriges Problem. (Ein Phänomen, das man nicht den Formaldidaktiken anlasten darf und das recht aufklärend wirkte!)
7. Die Normierung der Eingaben erwies sich als zusätzliche Schwierigkeit. Das Herstellen von Lehrquanten und Verknüpfern bei COGENDI war insofern besonders frustrierend, als i.a. vom Rechner nicht einmal 50 % in den Lehralgorithmus aufgenommen wurden.
8. Es war kein Schluß möglich, ob sich der Aufwand für ein hochkompliziertes Psychostrukturmodell und Lehrsystemmodell positiv auswirkte.

3. *Weiter- und Neuentwicklungen 1969 – 1971*

3.1 *Ausbau der Zuordnungsprogramme*

Die eben aufgeführten Ergebnisse gaben u.a. Anlaß zu einer zweiten Phase von Überarbeitungen und Neuentwicklungen. Als eine der wenigen ausführlichen Darstellungen zum Thema Formaldidaktiken legte Graf 1969 die Arbeit „Rechnergesteuerte Erzeugung von Lehrprogrammen nach ALZUDI 2" vor. Hier wurde einerseits versucht, für ALZUDI die Menge der zulässigen Lehrstoffe auf solche von Zuordnungen zwischen mehreren Begriffsmengen zu erweitern, andererseits wurde das rein informationstheoretische Psychostrukturmodell um einige lerntheoretisch orientierte Randbedingungen erweitert, um die Lehrprogrammierung methodisch zu verbessern. Der Preis für diese Verbesserungen war eine Verkomplizierung der Normierungsvorschriften für den bereitzustellenden Lehrstoff, die wiederum die Benutzer abschreckte.

Weltner (1968) schlug mit DIAGRAMM-ALZUDI eine besonders interessante Anwendungsmöglichkeit für ALZUDI 2 vor, die die Einbeziehung graphisch darstellender Elemente in die Lehrprogramme gestattete.

3.2 *ALSKINDI – Vereinfachung der Benutzung*

In erster Linie um dem Vorwurf mangelnder Benutzerfreundlichkeit der Formaldidaktiken zu begegnen, entwickelten Frank und Arlt ab 1968 eine neue Formaldidaktik: ALSKINDI (Algorithmische Skinnertyp-Didaktik) (Frank 1969, Arlt 1968). Die Grundstruktur ist ähnlich wie bei ALZUDI; hier wird jedoch nun auch auf die ‚Grundformen' als Bausteine für Lehrquanten und Verknüpfer verzichtet. Zur Konstruktion der letzteren wird nur noch der in Form eines Basaltextes erfaßte Lehrstoff selbst herangezogen, z.T. als Lückentext. Die damit tatsächlich erreichte Benutzerfreundlichkeit führt allerdings zu äußerst monotonen Lehrprogrammen.

3.3 *VERBAL – Lehrprogrammstrukturen zu Explanationen*

In die Reihe der Überarbeitungen und Neuentwicklungen auf Grund der ersten Phase der Formaldidaktiken darf man auch das Verfahren VERBAL einordnen (Verteilung-von-Begriffen – Algorithmus), das Miloš Lánský 1969 in Wien vorstellte. Es ist insofern wesentlich verschieden von den bisher erörterten Formaldidaktiken, als es erstens nicht systematisch vom Konzept der formalen Didaktik ausgeht und zweitens wesentlich entschiedener als ALZUDI 2 und ALSKINDI aus den Ergebnissen der ersten Phase Konsequenzen zieht. Eine Einordnung von VERBAL in diese Betrachtungen erscheint jedoch angebracht, da auch dieser Algorithmus nach dem Prinzip ,Lehrprogrammierung durch Simulation eines Lehr/Lern-Prozesses im Regelkreis' organisiert ist. Angesichts der in der ersten Phase deutlich gewordenen Schwierigkeiten der Textverarbeitung verzichtet VERBAL konsequent darauf, ein vollständiges Lehrprogramm erzeugen zu wollen. Vielmehr wird unter Heranziehung der Begriffsstruktur eines Lehrstoffes nur die Begriffsstruktur eines Lehralgorithmus erzeugt; Lánský klammert das Problem der Textverarbeitung (z.B. Formulierung von Lehrschritten) also aus und überläßt es einem Autor, auf der Grundlage der von VERBAL erzeugten Begriffsfolge ein vollständiges Lehrprogramm zu formulieren.

Psychostrukturmodell und Strategie des Lernsystems sind wesentlich verschieden von den Ansätzen bei COGENDI, ALZUDI und ALSKINDI, fallen jedoch auch unter die Kategorie kybernetischer Modelle.

3.4 *Lehrprogrammieren im Autor-Rechner-Dialog: DIALOG-DIDAKTIK*

Einen völlig anderen Weg, der auch das Problem der Formulierung guter Lehrschritte sowie gravierende methodische Mängel beheben sollte, stellte Graf ebenfalls in Wien vor (Graf 1970). Der entscheidende Gedanke einer dort konzipierten DIALOG-DIDAKTIK war, im Grundmodell des Lehralgorithmier-Regelkreises der Formaldidaktiken das Lehrsystem durch ein Autor-Rechner-Dialog-System (an Stelle eines vollautomatischen Systems) zu realisieren. In diesem System sollte in jedem Regeltakt jede Lehreinwirkung in einem programmierten Dialog zwischen Autor und Rechner ausgearbeitet und festgelegt werden. Der wesentliche Vorteil dieses Vorgehens wird darin gesehen, daß bei der Erzeugung jedes einzelnen Lehrschrittes die dabei möglichen automatischen Vollzüge des Rechners integriert werden mit den zusätzlich noch erforderlichen personalen Vollzügen des Autors. U.a. entfällt damit die künstliche Trennung solcher Vollzüge, wie sie etwa bei COGENDI (personale Vorbereitung von Bausteinen) oder VERBAL (nachträgliche Ausformulierung von Lehrschritten) erforderlich ist.

Realisiert wurde dieser Ansatz durch DIALOG-ALZUDI, ein Rechnerprogramm, das einerseits die formalen Vollzüge von ALZUDI 2 anbietet, andererseits personale Eingaben des Autors zuläßt, die wiederum nach formalen Kriterien kommentiert werden.

3.5 *Ergebnisse und Kritik*

Man sieht schon an der voranstehenden, längst nicht vollständigen Auswahl, daß es an guten Einfällen und Ansätzen zur Realisierung des Konzepts der formalen Didaktik nicht fehlt; die genannten Verfahren sind auch sämtlich programmiert und auf Rechnern implementiert worden.

Demgegenüber ist auffällig, daß nur sehr wenig über systematische Überprüfungen und Anwendungen berichtet wird. Es fehlt zwar nicht an Anwender-Interessenten, die sich mit den einzelnen Verfahren vertraut machten, Testprogramme erstellten und auch über deren Einsatz berichteten. Die systematische Programmierung größerer Lehrstoffbereiche und ihre Anwendung für große Populationen ist aber bis auf wenige Ausnahmen unterblieben.

Die Ausnahmen sind eine Untersuchung von Arlt 1971 im Hochschulbereich Architektur und Versuche von Braun, v. Faber, Hertkorn u.a. mit der Zielsprache Deutsch im Rahmen der Arbeit des Goethe-Institutes (vgl. z.B. Braun 1972).

Das Ergebnis von Arlt ist für die benutzten Formaldidaktiken ausgesprochen negativ: „Die so generierten Lehrprogramme sind für die Zielpopulation Studenten und bei diesen Lehrstoffen ungeeignet". Wichtiger für die weitere Entwicklung ist wohl jedoch weniger dieses (im übrigen angreifbare) summarische Ergebnis als vielmehr die Vielfalt von Einzelinformationen, die beim Einsatz gewonnen wurden.

V. Faber und Hertkorn gaben 1972 zwölf formaldidaktisch erzeugte Lehrprogramme heraus und berichteten über Erfahrungen bei Programmierung und Anwendung. Wenngleich die Ergebnisse nicht in geschlossener Form vorgestellt wurden, so ist dieses Projekt doch bedeutsam wegen der sehr konkreten Hinweise, die Anwender zum Konzept geben, insbesondere im Hinblick auf Sinn und Unsinn der von den Formaldidaktiken erzwungenen Einschränkungen bei Lehrstoffen, Lehrzielen und Lehrstrategie. So nennt z.B. Braun als „Schwierigkeiten, die von den Ansätzen der Formaldidaktik selbst herrühren:

a) der überholte Begriff eines Trivialwortschatzes,
b) der unzureichende Wortbegriff anstelle der Semanteme,
c) die Ausschließung flexibler Wortformen und Wortgruppen (als Untergruppen von Mengen),
d) der nach Buchstaben berechnete Informationswert (Schwierigkeitsgrad!) von sprachlichen Elementen,
e) rein technische Schwierigkeiten wie z.B. Restriktionen der Wortlänge, der Groß- und Kleinschreibung, der Worttrennung, der Satzzeichen usw." (Braun 1972, S. 147).

Ein weiteres Argument sei als Ergebnis der Anwendung von Formaldidaktiken erwähnt, dessen Bedeutung nicht unterschätzt werden darf: „Unabhängig von den Schwierigkeiten, mittels der Formaldidaktiken brauchbare Programme für den Sprachunterricht zu erstellen, hatten diese Versuche folgende positive Rückwirkungen:

1. eine Neuorientierung in bezug auf die Struktur des Lehrstoffs (exakte Definition der Lehrstoffe nach Mengen und Relationen von Mengen).

2. Einsichten in die Struktur und den Aufbau von Lehrschritten, Lehrschrittfolgen sowie Validierung durch den Rechner.
3. Eine Neuorientierung innerhalb der Fremdsprachendidaktik und der sie bestimmenden Faktoren." (Braun, 1972, S. 148).

Die formale Didaktik hat offenbar Probleme aufgeworfen, die von Fachdidaktikern z.T. bisher vernachlässigt wurden, deren Lösungsnotwendigkeit sie aber anerkennen – ob mit oder ohne Rechner. Ob eine systematische Fortführung des hier angefangenen Gedankenaustausches stattfinden wird, dürfte für die Fortentwicklung und Durchsetzung der Formaldidaktiken entscheidend sein.

Es kommen aus diesem eben erwähnten Anwendungsbereich auch Vorschläge für neue Formaldidaktiken (vgl. 4.5), die insbesondere von der Sprachdidaktik gebraucht werden. Dies erscheint äußerst wichtig, denn die bisher entwickelten Formaldidaktiken leiden offenbar darunter, daß sie von Kybernetikern entwickelt wurden ohne hinreichende fachdidaktische und allgemeindidaktische Kenntnisse; teilweise wurde ja bewußt der Versuch unternommen, die Didaktik nur aus allgemeinen kybernetischen Modellen des Informationsumsatzes abzuleiten. Diese Tendenz wurde interessanterweise gerade am Anfang der Entwicklung einmal durchbrochen, als nämlich ALZUDI als algorithmische Fremdwort-Didaktik konzipiert wurde.

4. *Laufende Entwicklungen seit 1971*

Auf dem Stand der bisher genannten Entwicklungen fand 1971 in Paderborn ein Werkstattgespräch über Formaldidaktiken statt, bei dem einerseits von verschiedenen Seiten aufgezeigt wurde, in welche Richtung inhaltlich die weiteren Arbeiten gehen sollten und konnten, andererseits sich auch ein Kreis theoretisch-systematischer Fragestellungen im Bereich der Formaldidaktiken abzeichnete (Arlt u.a. 1972).

4.1 *SEQUAL und ANEX – Erfassung von didaktischen Daten*

Einen bedeutenden Fortschritt stellt insbesondere der von Lánský und Mitarbeitern erstellte Ansatz zur rechnerunterstützten Erfassung von Lehrzielen und Lehrstoffen dar (Lánský 1971, Tauber 1970). Er entstand aus der praktischen Erfahrung, daß die für die Abwicklung von Formaldidaktiken allgemein vorausgesetzte Festlegung der Werte dieser pädagogischen Variablen tatsächlich für die Autoren ein sehr erhebliches Problem darstellten, erheblicher vielleicht als die selbständige Erzeugung eines Lehrprogramms bei Vorlage dieser Werte.

Die versprochene Rationalisierung der Lehrprogramm-Generierung durch Anwendung von Formaldidaktiken konnte deshalb eigentlich erst überzeugend erfolgen, wenn auch die Bereitstellung von Lehrstoff und Lehrziel rechnerunterstützt stattfinden würde. Hauptanliegen der bislang entwickelten Programmsysteme ANEX und SEQUAL (Analyse von Explanationen, Sequencing Algorithm) ist die sogenannte reguläre Erfassung eines Lehrstoffs und der zugehörigen Lehrziele. D.h. die Programme sorgen für

Vollständigkeit, Eindeutigkeit und Widerspruchsfreiheit dieser Werte, die aus Mengen von Begriffen und Begriffsskeletten bestehen, wie sie für VERBAL vorausgesetzt werden. Für den Ablauf ist der Natur des Problems entsprechend ein Dialog-Betrieb vorgesehen, in dem der Rechner den Autor solange befragt, bis die Regularität gesichert ist. Daran anschließend kann automatisch die Herstellung einer natürlichen Reihenfolge der Begriffe erfolgen, die sich auf eine Halbordnung der Begriffe nach logischen Abhängigkeiten stützt.

Handelt es sich bei der eben angedeuteten Entwicklung im Grunde um eine Ausweitung des Programms der formalen Didaktik, so zielt eine Reihe anderer Ansätze im Rahmen des ursprünglichen Programms vor allem auf einen Bereich von Lehrstoffen anderer Struktur als die bisher zugelassenen. Diese letzteren waren entweder durch die Menge ihrer entscheidenden Begriffe („Basalwörter") oder Begriffskomplexe bestimmt (COGENDI, ALSKINDI, VERBAL) oder durch Mengen von Zuordnungen solcher Begriffe (ALZUDI).

4.2 *A.D.P. – Lehrprogramme mit verfeinerten Zuordnungen*

Das Zuordnungskonzept wurde im Programm A.D.P. verallgemeinert (Algorithmischer Didaktischer Programmierer), indem zu vom Autor festgelegten Zuordnungen zwischen Begriffskomplexen automatisch Zuordnungen zwischen Teilbegriffen dieser Komplexe als Lehrstoff generiert werden. Diese gehen dann als zusätzlicher Teilwert der Variablen ‚Lehrstoff' in die Formaldidaktik ein. Der Aufbau der Lehrschritte kann dann unter stärkerer Berücksichtigung der Feinstruktur der Zuordnungen von Begriffskomplexen erfolgen. Darüber hinaus gestattet der automatische Vergleich der Feinstrukturen verschiedener Zuordnungen die Aufdeckung inhaltlicher Verwandtschaften oder Abhängigkeiten, die für die Herstellung der Abfolge der Lehrschritte automatisch berücksichtigt werden können.

4.3 *Bahnung, Transfer und Vergessen im Psychostrukturmodell*

Ein Modell für die Bewältigung eines ähnlichen Problems durch eine komplexere Formaldidaktik als ALZUDI entwickelte D. Simons 1973 im Rahmen der von Frank und Mitarbeitern betriebenen Weiterentwicklungen des Formaldidaktikkonzepts. Ihm geht es u.a. darum, in einer Formaldidaktik die Vorgänge Bahnung, Transfer und Vergessen ansatzweise zu berücksichtigen, die beim Lernen einer Lernstoffeinheit (z.B. Zuordnung) bezüglich der anderen Einheiten stattfinden können. Seine Lösung ist ein mathematisch recht kompliziertes Psychostrukturmodell.

Auch VERBAL wurde durch Einbeziehung des Vergessens von Lánský 1973 weiterentwickelt.

4.4 *Lehrstoffstrukturierung durch Relationstypen*

Ein im Hinblick auf den inhaltlichen Zusammenhang von Lehrstofftexten sehr gründlich durchdachter Ansatz zur Strukturierung der Variable Lehrstoff wurde von Schupe, Berger und Dietz 1971/72 vorgelegt. Sie sehen die Strukturierung nach Mengen zuzuordnender

Begriffe einerseits (ALZUDI) und durch eine Halbordnung andererseits (VERBAL) nur als Spezialfälle einer Strukturierung nach Begriffsklassen mit zwei verschiedenen Relationen an, nämlich „in Sinnzusammenhang stehen" und „aufeinander aufbauen". Diese Struktur soll mit einer Anzahl von Parametern erfaßt werden, die ausreichen soll, alle Abhängigkeiten und Sinnzusammenhänge geeignet im Lehrprogramm darzustellen. Zwei Relationen der angegebenen Art werden dazu allerdings gewiß nicht ausreichen, die Richtung des Ansatzes scheint aber sehr erfolgversprechend.

Die Erfassung der Begriffsklassen und der Parameter wird wiederum als eine Aufgabe gesehen, für die man dem Autor Rechnerunterstützung in Dialogform anbieten sollte.

Eine Realisation dieses Strukturierungskonzepts wird sehr überzeugend an einem Text über Grundsätze des Kommunismus demonstriert.

Typisch für alle diese Neuansätze zur Lehrstoffanalyse ist die unmittelbar folgende Verkettung mit dem Psychostrukturmodell und der daraus folgenden Lehrstrategie der Formaldidaktik. Offenbar gestatten anspruchsvollere Strukturierungen des Lehrstoffs anspruchsvollere Psychostrukturmodelle und dann subtilere Lehrmethoden. Für den theoretischen Hintergrund bedeutet das übrigens, daß die vorausgesetzte Unabhängigkeit der einzugebenden pädagogischen Variablen gar nicht gewährleistet ist.

4.5 *Lehrstoffstrukturierung durch cartesische Produkte von Begriffsmengen*

Von Bedeutung für die Entwicklung neuer Formaldidaktiken ist sicher auch ein von O. Hertkorn 1971 formulierter Ansatz für eine speziell für Sprachunterrichtsübungen geeignete Lehrstoffstruktur. Hertkorn charakterisiert für Übungsprogramme zur Zielsprache Deutsch Lehrstoffe, deren Grundstruktur das cartesische Produkt von Begriffsmengen ist. An die Stelle der bei ALZUDI u.U. sehr begrenzten Relation zwischen diesen Mengen tritt hier eine Vielfalt von Zuordnungen, die sich insbesondere bei grammatikalischen Übungen bewähren kann. Hier ist ein ähnlicher Anwendungsbereich für Formaldidaktiken von Seiten der Anwender her angesprochen worden, wie er auch in einem ursprünglichen Vorschlag von G. Steffen berücksichtigt wurde, nach dem sprachdidaktische Übungen in Anlehnung an entsprechende Übungen in Lehrbüchern programmiert werden sollten (Graf 1969 b).

Eine sinnvolle Ergänzung würde die Realisierung dieser Konzepte beim Aufgreifen von Vorschlägen zur automatischen Textverarbeitung finden, wie sie Hoppe 1971 machte. Er zeigte, wie man aus Aussagesätzen durch automatische Transformationen ganze Serien von verschiedenen Fragesätzen erhalten kann, ein entscheidendes methodisches Problem bei grammatikalischen Übungen.

Anmerkung: In einem der nächsten Hefte erscheint vom selben Autor eine weiterführende Arbeit über Formaldidaktiken: „Ansätze zur Theoriebildung und Ausblick auf notwendige und mögliche Schwerpunkte weiterer Projekte."

Das folgende Schrifttumsverzeichnis enthält der Vollständigkeit der Dokumentation halber auch die erst dort angesprochenen Titel.

Schrifttumsverzeichnis

– Viele der hier aufgeführten Originalarbeiten sind in den schon erschienenen 4 Bänden der von B.S. Meder und W. Schmid herausgegebenen Quellensammlung „Kybernetische Pädagogik" (Kohlhammer, Stuttgart, 1973) reproduziert. Die Arbeiten sind durch * mit Angabe des Bandes gekennzeichnet. –

Arlt, W.: ALSKINDI – eine Formaldidaktik zur automatischen Erzeugung von linearen Lehrprogrammen vom Skinner-Typ. (*IV) In: B. Rollett und K. Weltner: Perspektiven des P.I., Wien 1969, 237–240

Arlt, W.: Untersuchungen zum Einsatz von Lehrprogrammier-Strategien. Dissertation, TU Berlin 1971

Arlt, W., Hertkorn, O. und Simons, D. (Redaktion): Formaldidaktiken. 1. Paderborner Werkstattgespräch, Hannover 1972

Braun,K.: Bericht über die Entwicklung der Programmierten Instruktion im Goethe-Institut. In: W. Arlt u.a. (siehe da), 1972, 145–148

Braun,K.: Versuche zur Generierung von Sprachlehrprogrammen mittels ALZUDI und ALSKINDI. In: Protokoll eines Werkstattgespräches über P.I., München, Goethe-Institut, 1970, 181–196

Blankertz, H.: Theorien und Modelle der Didaktik. München 1969

Blischke, H., Hilbig, W. und Rüßmann, R.: Die halbalgorithmische Formaldidaktik COGENDI. In: GrKG 9/4 1968, 97–110 (*IV)

Closhen, H.: Motivationale Faktoren und Lernerfolg bei einem rechnererzeugten Lehrprogramm. Dissertation, TU Braunschweig 1969

Frank,H. (Hsg.): Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht. I–IV, Stuttgart-München, 1963–1966

Frank,H.: Ansätze zum algorithmischen Lehralgorithmieren. In: Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht, IV, Stuttgart und München, 1966, S. 70–112 (*I)

Frank,H.: Zur Objektivierbarkeit der Didaktik. In: Programmiertes Lernen I, 1–5, 1967 (*I)

Frank,H.: Die Didaktik ist keine Didaktik. In: Programmiertes Lernen I, (1967a), S. 133–135

Frank,H.: Prinzipien der objektivierten Formaldidaktik ALSKINDI. In: GrKG 10/1 (1969), S. 23–28 (*I)

Frank,H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. 2 Bände. Agis, Baden-Baden und Kohlhammer, Stuttgart. 2. Aufl. 1969 b, 429 u. 300 S.

Frank,H.: Über gebrochene Didaktiken und Grobdidaktiken. In: GrKG 13/1 1972, 29–39 (*I)

Frank,H.: Zum Stellenwert der Formaldidaktiken im Programm der Kybernetischen Pädagogik. In: W. Arlt u.a. (s.d.), 1972a, 9–33 (*II)

Frank,H.: Die Formaldidaktik ALZUDI 1. In: W. Arlt u.a. (s.d.) 1972b, 45–53 (*II)

Frank,H. und Frank-Böhringer, B.: Begriff und Funktion der ästhetischen Information in Lehrprogrammen. In: Praxis und Perspektiven des P.U.II, Quickborn 1967, S. 87–91 (*III)

Frank,H. und Frank-Böhringer, B.: Zur Rentabilitätsgrenze beim Lernen. In: GrKG 9/2, (1968), S. 59–64 (*III)

Frank,H. und Graf, K.-D.: ALZUDI – Beispiel einer formalen Didaktik. In: Zeitschrift für erziehungswissenschaftliche Forschung 1, (1967), S. 27–34 (*III)

Frank,H. und Meder, B.: Einführung in die kybernetische Pädagogik. Deutscher Taschenbuch-Verlag, München 1971, WR Band 4108, 204 S.

Graf, K.-D.: Die Erzeugung von Lehrprogrammen mit Hilfe einer Datenverarbeitungsanlage. In: Zeitschrift für Datenverarbeitung 5, (1967), S. 353–361 (*IV)

Graf, K.-D.: Über die Ausführung einer formalen Didaktik mit einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage. Qualifikationsschrift, der Pädagogischen Hochschule Berlin vorgelegt, (1967a).

Graf, K.-D.: Rechnergesteuerte Erzeugung von Lehrprogrammen nach ALZUDI II. In: Neue Unterrichtspraxis 1969, Heft 5 und 6, S. 265–278 (*IV)

Graf, K.-D.: Ein Vorschlag zum rechnergesteuerten p.U. auf der Grundlage von Lehrbüchern. In: programmiertes lernen und p.u. 1969b, Heft 6, 157–162 (*IV)

Graf, K.-D.: Modellprojekt TELE-ALZUDI. Forschungsbericht III A 4-5900 DV 41, Bundesministerium f. wiss. Forschung 1969 c

Graf, K.-D.: Eine Sprache für den Lehrprogrammier-Dialog zwischen Mensch und Rechner. GrKG 10/4, 1969d, 121–128 (*IV)

Graf, K.-D.: PROGRAMMIERTER Dialog zur Erzeugung von Lehrprogrammen. In: Zeitschrift für erziehungswissenschaftliche Forschung 4, 1970 (*IV)

Graf, K.-D.: Systemtheoretische Untersuchung des rechnerunterstützten Lehrprogrammierens. Beiheft zu Band 12 der GrKG, 1971, 50 S.

Graf, K.-D.: Zur weiteren Entwicklung der rechnerunterstützten Lehrprogrammierung. In: W. Arlt u.a. (s.d.) 1972, 223–232

Graf, K.-D. und Illner, H.: Rechnererzeugte ästhetische Information und ihre Lernwirksamkeit in einem formaldidaktisch erzeugten Lehrprogramm. GrKG 11/4, 1970, 125–136 (*IV)
Heinrich, P.B. und Weltner, K.: Über Erweiterungen der Anwendung der formalen Didaktik ALZUDI. In: B. Rollett und K. Weltner (Hsg.): Perspektiven des P.U., Wien, 1970, 253–256
Herder-Lexikon der Pädagogik, Freiburg 1972
Herder-Lexikon der Schulpädagogik, Freiburg 1973
Hertkorn, O.: Erstellen eines Sprachlehrprogramms mit Hilfe des Rechners. In: Lehren und Lernen nach 1970, München: Goethe-Institut, 1971, 90–97
Hertkorn, O.: Sprachdidaktische Gründe für eine Erweiterung von ALZUDI 2 auf Zuordnungen zwischen cartesischen Produkten. In: W. Arlt u.a. (s.d.) 1972, 209–218 (*IV)
Hertkorn, O. und v. Faber, H.: Programmierte Instruktion – Zielsprache Deutsch. Werkhefte für techn. Unterrichtsmittel, Heft 7. München: Goethe-Institut, 1972
Hilbig W.: COGENDI – eine formale Didaktik zur halbalgorithmischen Erzeugung von verzweigenden Lehrprogrammen. In: U. Lehnert (Hsg.): EDV in Schule und Ausbildung, Oldenbourg, München-Wien, 1970, 55–63 (*IV)
Hollenbach, G.: Kritische Randbemerkungen zum Schrifttum über Formaldidaktiken. In: W. Arlt u.a. (s.d.) 1972, 33–35 (*IV)
Hoppe, A.: Möglichkeiten zur automatischen Transformation von Aussagesätzen in Fragesätze. In: W. Arlt u.a. (s.d.) 1972, 175–198
Klix, F. (Hsg.): The organisation of human information processing. Berlin 1967
Lánsky, M.: VERBAL – Entwurf eines Algorithmus zur Bestimmung der optimalen Verteilung von Explanationen im Lehrprogramm. In: Rollett-Weltner (Hsg.): Perspektiven des P.U., Bundesverlag Wien 1970, 66–70
Lánský, M.: Weiterentwicklung der Methode VERBAL. In: Rollett-Weltner (Hsg.): Fortschritte und Ergebnisse der Unterrichtstechnologie, Ehrenwirth, München 1971, 118–125
Lánský, M.: Ein Beispiel für die Anwendung der Methode VERBAL. In: W. Arlt u.a. (s.d.), 1972, 65–82
Lánský, M.: Eine Modifikation des Lernmodells VERBAL unter Berücksichtigung des Vergessens. In: Rollett-Weltner (Hsg.): Fortschritte und Ergebnisse der Bildungstechnologie II. Ehrenwirth, München 1973, 414–416
Lánský, M.: Ein Beweis für die Endlichkeit des Algorithmus VERBAL.. In: GrKG 14,3 1973a,95–102
Nicklis, W.S.: Kybernetik und Erziehungswissenschaft, Bad Heilbrunn 1967
Nicklis, W.S.: Rolle und Funktion der kybernetischen Pädagogik in einer kritischen Theorie des Unterrichts. In: Philologen-Verband NRW (s.d.), 74–95
Philologen-Verband Nordrhein-Westfalen (Hsg.): Kybernetik und programmierte Bildung. Verlag W. Postberg, Bottrop 1970, 168 S.
Schulz, W.: ALZUDI ist keine Didaktik. In: Programmiertes Lernen, I, (1967), S. 130–132
Siegel, R.: Gestaltnerische Verbesserungsmöglichkeiten bei ALZUDI-generierten Lehrprogrammen. In: VI. Internationales Symposion über P.I., München 1968 (Kurzfassungen, Hsg. GPI, Berlin) S. 127 – 129
Schupe, L.: Vorüberlegungen zu einem Baukastensystem für Formaldidaktiken. In: W. Arlt u.a. (s.d.) 1972, 199–208
Schupe, L., Berger, M. und Dietz, E.: Algorithmische Erstellung von Lehrprogrammen mit Hilfe von Rechnern. In: Institut f. Kybernetik-FEoLL (Hsg.): Paderborner Arbeitspapiere. Abschlußbericht 1971/72
Simons, D.: Modelle für komplexere Formaldidaktiken. In: GrKG 14/3, 1973, 85–94
Tauber, M.: Zur Konzeption eines Komplexitätsmaßes von Begriffen in einem Lehrprogramm. In: B. Rollett und K. Weltner (Hsg.): Perspektiven des P.U., Wien 1970, 83–86
v. Cube, F.: Kybernetische Grundlagen des Lernen und Lehrens. 2. Aufl., Stuttgart 1968
v. Faber, H.: Versuchsprogramm zum Lehrstoff „Sprachlabor" (COGENDI). In: Protokoll eines Werkstattgespräches über P.I., München, Goethe-Institut, 1970, 197–203
Waldau, E.: Die Programmierung geographischer Namen und Daten mit Hilfe der Algorithmischen Zuordnungsdidaktik. Wissenschaftliche Facharbeit, Berlin 1969
Weltner, K.: DIAGRAMM-ALZUDI als Erweiterung des Anwendungsbereiches rechnererzeugter Lehrprogramme. 1968, S. 111–113
Zeiske, W.: Empirische Daten zur Wirtschaftlichkeitsberechnung der bestehenden Formaldidaktiken. In: W. Arlt u.a. (s.d.) 1972, 137–144 (*IV)

Eingegangen am 27. Oktober 1973

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Klaus-Dieter Graf, Pädagogische Hochschule Rheinland, Abt. Neuss, Seminar für Didaktik der Mathematik, 404 Neuss, Humboldtstr. 2

Untersuchungen zur Silben-, Wort- und Satzlänge im Deutschen

von Hermann Peter POMM, Lich-Gießen

1 *Problemstellung*

Mündliche und schriftliche Texte einer Sprache lassen sich in verschiedener Weise mathematisch-statistisch analysieren. Neben dem Aufstellen von Häufigkeitsverteilungen oder Rangordnungen von Wörtern, Buchstaben oder Lauten (KAEDING 1897, THORNDIKE und LORGE 1944, MEIER 1965), dem Verhältnis von verschiedenen Wörtern zu ihrer Gesamtzahl, der Diversifikation oder dem Type-Token-Ratio (CARROLL 1938, CHOTLOS 1944, HERDAN 1965), sind die Verteilungen des Rhythmus auf betonte und unbetonte Silben (MARBE 1904, LÜDTKE 1965), die Verteilungen auf Wortarten (MEIER 1965), auf Satzarten (ROEDER 1965), das Verhältnis von Adjektiven zu Verben (BUSEMANN 1925, SCHLISMANN 1948/49, BAKKER 1963, ANTOSCH 1969) oder die Längen von Silben, Wörtern, Sätzen, Texten (KULLMANN 1910, YULE 1939, FUCKS 1953, 1968, GUNZENHÄUSER und RIEK 1972) Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen. Weitergehende Aspekte in bezug auf die statistische Analyse von Sprachmerkmalen brachte die Informationstheorie durch die Angabe des Informationsgehaltes von Sprachmerkmalen und Zeichen (SHANNON 1948, 1951, MILLER 1951, FUCKS 1956, MEYER-EPPLER 1959, ZEMANEK 1959, FRANK u.a. 1963, SOMERS 1965). Innerhalb einer informationstheoretischen Untersuchung der Sprache bildet die Silben-, Wort- und Satzanalyse ein eng begrenztes Gebiet. Die empirisch ermittelte Entropie, bzw. Mittlere Information in bezug auf die Wortlänge in Silben pro Wort für verschiedene Sprachen läßt sich in einem Modell durch die sog. FUCKS-Verteilung theoretisch untermauern, während für die Bildung von Silben aus Lauten eine andere mathematisch deduzierte Häufigkeitsverteilung ebenfalls relativ gut mit den empirischen Auszählungen übereinstimmt (FUCKS 1956).

Die vorliegenden Ausführungen versuchen, diese Ansätze weiterzuführen und die Mittlere Information der Silben-, Wort- und Satzlänge miteinander zu vergleichen.

2 *Die Mittlere Information der Silben-, Wort- und Satzlänge*

Ein abgeschlossener Text besteht aus einer endlichen Menge von Lauten, Buchstaben, Silben, Wörtern, Sätzen, Abschnitten, Kapiteln. Die Länge der Silben kann durch die Anzahl der Laute oder Buchstaben (La/Si, Bu/Si), die Länge des Wortes durch die Zahl der Laute, Buchstaben oder Silben (La/Wo, Bu/Wo, Si/Wo), die Länge des Satzes durch die Zahl der Wörter (Wö/Sa) oder durch die Anzahl der Untergliederungen wie Kommas, Semikolons, Doppelpunkte, Anführungszeichen oder Gedankenstriche (Un/Sa)

definiert sein. Die Häufigkeitsverteilungen der ein-, zwei-, ..., *n*-lautigen oder buchstabigen Silben, der ein-, zwei-, ..., *n*-lautigen, -buchstabigen oder -silbigen Wörter und der Sätze mit ein, zwei, ..., *n* Wörtern oder Untergliederungen ermöglicht das Berechnen der Entropie in bezug auf das Sprachmerkmal *m*; *m* in La/Si, Bu/Si, La/Wo, Bu/Wo, Si/Wo, Wö/Sa, Un/Sa (FUCKS 1953)

$$(1) \qquad S = -h_m \sum_{m=1}^{n} \log h_m$$

bzw. der Mittleren Information (SHANNON 1948):

$$(2) \qquad H = -h_m \sum_{m=1}^{n} \mathrm{ld}\, h_m$$

Die empirisch ermittelte Häufigkeitsverteilung der Wortlänge, gemessen in Silben pro Wort, läßt sich theoretisch beschreiben durch die FUCKS-Verteilung (FUCKS 1955)

$$(3) \qquad h_i = \frac{e^{-(\bar{i}-1)}\,(\bar{i}-1)^{i-1}}{(i-1)!}$$

mit $i = 1, 2, ..., n$ Silben und $\bar{i}$ als mittlere Wortlänge in Silben. Die nach der FUCKS-Verteilung errechnete Mittlere Information zeigt im $H\bar{i}$-Diagramm einen charakteristischen funktionalen Verlauf (vgl. Bild 2 und 3), der durch Daten für verschiedene Sprachen – englisch, französisch, deutsch, esperanto, arabisch, griechisch, japanisch, russisch, ungarisch, lateinisch, türkisch und georgisch – bestätigt werden konnte (FUCKS 1955, 1968, ZERWADSE u.a. 1962).

Analog wie bei der $H-\bar{i}$ Abhängigkeit nehmen wir an, daß die Mittlere Information auch in gewisser Weise von der mittleren Länge $\bar{m}$ der Sprachmerkmale Silbenlänge, Wortlänge in Buchstaben und Lauten und Satzlänge abhängt. Der Informationszuwachs ΔH in bezug zum Längenwachstum $\Delta \bar{m}$ könnte dann durch folgende Proportionalitäten gekennzeichnet werden:

$$(4.1) \qquad \Delta H \,/\, \Delta \bar{m} \approx \bar{m}$$

$$(4.2) \qquad \Delta H \,/\, \Delta \bar{m} = \text{const.}$$

$$(4.3) \qquad \Delta H \,/\, \Delta \bar{m} \approx 1 \,/\, \bar{m}$$

Die Integration dieser Gleichungen ergeben mit den entsprechenden Proportionalitäts-Konstanten unter Berücksichtigung der Anfangsbedingung $H = 0$ für $\bar{m} = 1$:

$$(5.1) \qquad H_{\bar{m}} = \frac{a_{\bar{m}}}{2} (\bar{m}-1)^2$$

$$(5.2) \qquad H_{\bar{m}} = b_{\bar{m}} (\bar{m}-1)$$

$$(5.3) \qquad H_{\bar{m}} = c_{\bar{m}} \ln \bar{m}$$

3 *Datenerhebung*

Zur empirischen Überprüfung, welche der Gleichungen 5.1, 5.2 oder 5.3 zutrifft, wurden zehn Kurzgeschichten von AICHINGER, BECKER, BENDER, BIENECK, BÖLL, HARTLAUB, HILDESHEIMER, LENZ, REHN, WALSER (aus SCHROERS 1959) und zehn wissenschaftliche Arbeiten von CLEGG, DERGATSCHEW, GROSS, KÜFFNER, MARKO u.a., ROTZSCH u.a., SAUER, SCHNITGER, SCHWARZ, WEYL (aus SCHULTZE 1971) ausgewählt. Den Texten wurden Stichproben von jeweils hundert Sätzen, Wörtern und Silben entnommen, eine Häufigkeitsverteilung der Silbenlänge in La/Si und Bu/Si, der Wortlänge in La/Wo, Bu/Wo, Si/Wo und der Satzlänge in Un/Sa und Wö/Sa aufgestellt und daraus die Mittlere Information und die mittleren Längen errechnet (vgl. Tabelle 1). Abweichend von der Technischen Lautschrift des Deutschen (TDL), in der die Längung eines Vokals durch das zweimalige Auftreten des Vokals angegeben wird, ist bei der vorliegenden Auszählung der Laute die Umschrift der API zugrundegelegt. Zur Ergänzung der erhobenen Daten sind Ergebnisse einer Untersuchung zur Sportpublizistik (GUNZENHÄUSER und RIEK 1972) mit herangezogen worden (vgl. Tabelle 1), sowie die Auszählungen zur deutschen Sprachstatistik nach MEIER 1965 (vgl. Tabelle 2).

4 *Datenauswertung*

Kurzgeschichten, wissenschaftliche Texte und Sportberichte unterscheiden sich durch die Längen von Wörtern in Buchstaben und Sätze in Wörtern in charakteristischer Weise (vgl. Tabelle 1). Die Silbenlänge bei Prosa-Texten ist größer als die der wissenschaftlichen Artikel, die Wortlänge in Lauten, Buchstaben oder Silben und die Satzlänge in Wörtern jedoch kürzer. Die Sätze in Kurzgeschichten sind untergliederter als die in wissenschaftlichen Arbeiten; die Unterschiede sind aber nicht signifikant.

Zum Vergleich der Silben-, Wort- und Satzlängen sind weiterhin die Maßkorrelationen der Variablen errechnet worden. Erwartungsgemäß bestehen zwischen La/Si und Bu/Si signifikante Korrelationen, entsprechendes gilt für die Beziehung zwischen La/Wo, bzw. Bu/Wo und Si/Wo. Statistisch bedeutsam sind die Zusammenhänge von Wortlänge in Lauten oder Buchstaben und der Satzlänge, d.h. der Gebrauch längerer Wörter und Sätze bedingen einander. Auffallend ist die negative Korrelation zwischen Silbenlänge in Buchstaben und der Wortlänge, die für Si/Wo sogar statistisch abzusichern ist, d.h. mit ansteigender Silbigkeit nimmt die Länge der Silben ab. Die Faktorenanalyse ergibt zwei Faktoren: einen Wortfaktor mit den höchsten Ladungen in La/Wo, Bu/Wo und Si/Wo und einen Silben-Satz-Faktor.

Die Mittlere Information in bezug zur mittleren Silben-, Wort- oder Satzlänge steigt mit der Länge an und läßt sich sehr gut durch eine Beziehung nach Gleichung 5.3

beschreiben (vgl. Bild 1). Ein Berechnen der Konstanten $c_{\overline{m}}$ ermöglicht, nach der Größe geordnet, drei Gruppierungen für fließende Texte:

Gruppe 1: Laute pro Silbe, Buchstaben pro Silbe, Wörter pro Satz
Gruppe 2: Laute pro Wort, Buchstaben pro Wort
Gruppe 3: Silben pro Wort, Untergliederungen pro Satz

Tabelle 1: **Mittlere Silben-, Wort- und Satzlängen und Mittlere Information für verschiedene Stilformen und Signifikanzen des Mittelwertvergleichs nach dem *t*-Test**

	Wiss. Artikel				Kurzgeschichten				Sportberichte			
	$\overline{m}$	s	H_m	s	$\overline{m}$	s	H_m	s	$\overline{m}$	s	H_m	s
La/Si	2.61	0.18	1.64	0.11	2.66	0.12	1.64	0.13				
Bu/Si	2.90	0.13	1.89	0.13	3.02	0.16	1.82	0.14				
La/Wo	5.72	0.57	3.30	0.23	4.59	0.33	2.86	0.17				
Bu/Wo	6.34	0.45	3.45	0.19	5.26	0.38	2.99	0.19	5.82	0.34	3.37	0.13
Wö/Sa	21.44	2.66	4.84	0.25	17.23	6.32	4.77	0.44	15.21	3.14	4.95	0.27
Si/Wo	2.18	0.20	2.07	0.17	1.74	0.12	1.63	0.16	(nach GUNZENHÄUSER			
Un/Sa	2.18	0.24	2.06	0.20	2.85	0.95	2.46	0.51	und RIEK 1972)			

	La/Si	Bu/Si	La/Wo	Bu/Wo	Wö/Sa	Si/Wo	Un/Sa
Wiss.A.: Kurz.	n.s.	n.s.	$p < .001$	$p < .001$	n.s.	$p < .001$	n.s.
Kurz.: Sport.	–	–	–	$p < .01$	n.s.	–	–
Sport.: Wiss.A.	–	–	–	$p < .01$	$p < .001$	–	–

Tabelle 2: **Wortlänge und Mittlere Information für Wörter der deutschen Häufigkeitsstatistik**

Stufen	Abs. Häufigkeiten	La/Wo	H_m	Si/Wo	H_m
Ia	1– 30	2.73	1.23	1.03	0.17
Ib	31– 100	3.73	2.09	1.39	1.04
Ic	101– 207	4.79	2.37	1.72	1.24
II	208– 512	5.34	2.70	1.90	1.49
III	513– 1022	6.01	2.85	2.12	1.65
IV	1023– 2017	6.74	3.08	2.37	1.78
V	2018– 3295	7.19	3.26	2.56	1.89
VI	3296– 4691	7.29	3.26	2.62	1.92
VII	4692– 7994	7.73	3.30	2.77	2.01
VIII	7995–13215	8.30	–	2.97	2.12
	Mittel	5.99	2.68	2.15	1.53
	s	1.82	0.70	0.63	0.59

Tabelle 3: **Maßkorrelationen der Silben-, Wort- uns Satzlängen**

	La/Si	Bu/Si	La/Wo	Bu/Wo	Si/Wo	Un/Sa
Bu/Si	0.571**					
La/Wo	0.053	–0.269				
Bu/Wo	–0.010	–0.269	0.970**			
Si/Wo	–0.199	–0.458*	0.944**	0.938**		
Un/Sa	0.028	0.483*	–0.325	–0.331	–0.417	
Wö/Sa	0.115	0.285	0.481*	0.511*	0.327	0.492*

* $p < .05$
** $p < .01$

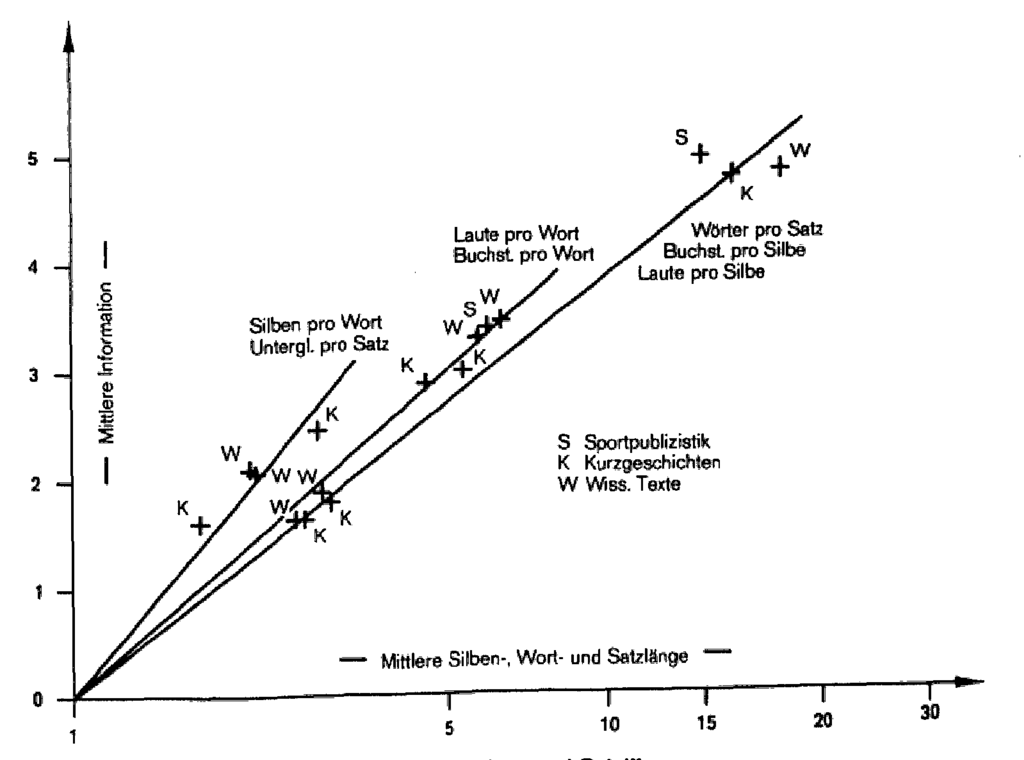


Bild 1: Die Mittlere Information der Silben-, Wort- und Satzlänge fließender Texte

In die letzte Gruppe passen nach Größe der Konstanten ebenfalls die $(H_i; \overline{i})$-Werte für Sprachen, wenn auch die Funktion $H_{\overline{m}} = c_{\overline{m}} \ln \overline{m}$ nur eine grobe Näherung darstellt, während die FUCKS-Verteilung die empirischen Daten besser beschreibt (vgl. Bild 2 und 3). Die Werte der Untergliederung eines Satzes durch die Satzzeichen Komma, Semikolon, Gedankenstrich, Doppelpunkt, Anführungszeichen scheinen ebenfalls einer FUCKS-Verteilung zu gehorchen. Die FUCKSsche Annahme, seine Verteilung beschreibe ein allgemeines Sprachgesetz, ist so nur bedingt richtig.

Berücksichtigt man nicht nur fließende Texte, sondern die Häufigkeitsstufen I bis VIII nach MEIER 1965, in denen Wörter bis zu einer Auftretenshäufigkeit größer 51 zusammengefaßt sind (vgl. Tabelle 2), errechnen sich etwas geringere Werte für die Konstante $c_{\overline{m}}$ als für fließende Texte. Die Mittlere Information in Abhängigkeit von der mittleren Wortlänge in Silben läßt sich nicht durch die FUCKS-Verteilung beschreiben; eine Funktion der Form 5.3 scheint jedoch ebenfalls nur eine Näherung zu sein.

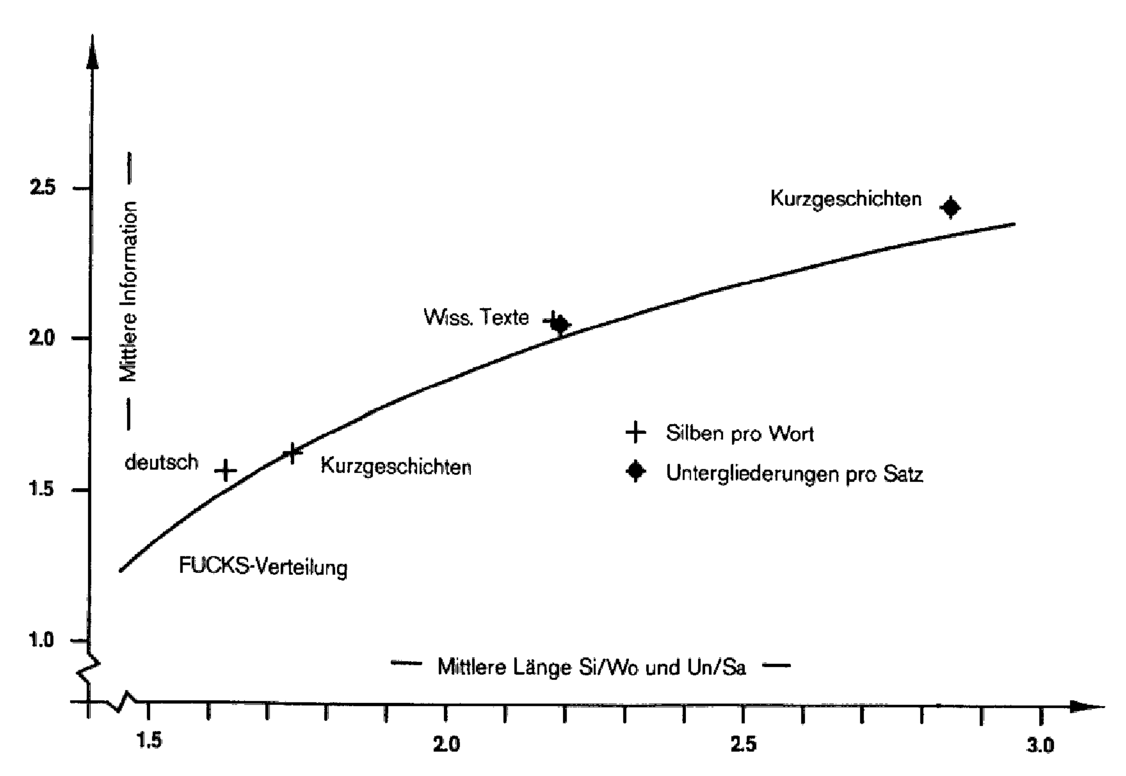


Bild 2: Mittlere Information der FUCKS-Verteilung in bezug zur Wortlänge in Silben und Satzlänge in Untergliederungen

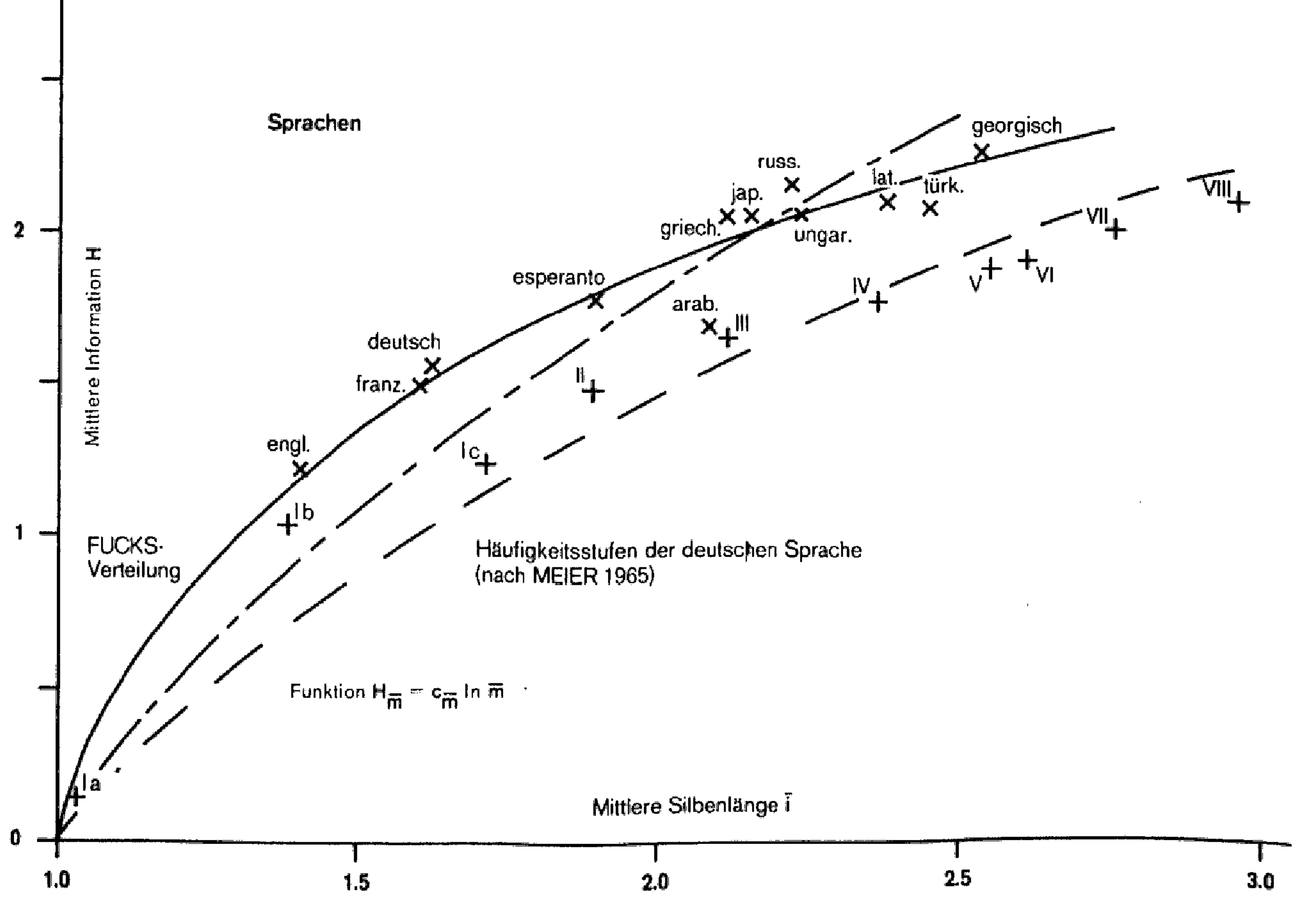


Bild 3: Die Mittlere Information in Abhängigkeit von der mittleren Silbenlänge für verschiedene Sprachen und Wörter der deutschen Häufigkeitsstatistik

Die Längen von Silben, Wörtern und Sätzen in fließenden Texten und Häufigkeitsstatistiken können so zwei unterschiedlichen Typen-Verteilungen zugeordnet werden:

(1) Verteilung vom Typ der FUCKS-Verteilung:
Silben pro Wort in fließenden Texten, Silben pro Wort in fließenden Texten aus verschiedenen Sprachen, Untergliederungen pro Satz

(2) Verteilungen, die nicht der FUCKS-Verteilung entsprechen:
Silben pro Wort in Häufigkeitsstatistiken, Laute und Buchstaben pro Silbe, Laute und Buchstaben pro Wort und Wörter pro Satz

5 *Zusammenfassung*

Eine Analyse von Kurzgeschichten, wissenschaftlichen Artikeln und Sportberichten erbringt zum Teil signifikante Unterschiede hinsichtlich der Silben-, Wort- und Satzlängen. Die Silbenlänge in Buchstaben korreliert negativ mit der Wortlänge in Lauten und Buchstaben, signifikant negativ mit der Wortlänge in Silben; die Wortlänge in Lauten und Buchstaben zudem positiv mit der Satzlänge in Wörtern. Zwischen der Mittleren Information und der mittleren Silben-, Wort- und Satzlänge läßt sich eine logarithmische Abhängigkeit aufzeigen, wobei Laute pro Silbe, Buchstaben pro Silbe und Wörter pro Satz durch dieselbe Proportionalitäts-Konstante, Laute und Buchstaben pro Wort durch eine andere und Silben pro Wort und Untergliederungen pro Satz ebenfalls durch eine gemeinsame Konstante beschrieben werden können. Einer FUCKS-Verteilung entsprechen Silben pro Wort in fließenden Texten sowie Untergliederungen pro Satz, während die restlichen Silben-, Wort- und Satzlängen durch einen anderen funktionalen Bezug gekennzeichnet sind.

Schrifttumsverzeichnis

Antosch, Frederike: The diagnosis of literary style with the verb-adjective-ratio. In: Doležel, L. und Bayley, R. W. (Eds): Statistics and style. Math. Ling. Automat. Lang. Proc. 6, 57–65, New York, 1969.

Bakker, F.J.: Untersuchungen zur Entwicklung des Aktionsquotienten. Arch. ges. Psychol. *117*, 78–103, 1965.

Busemann, A.: Die Sprache der Jugend als Entwicklungsrhythmik. Quellen und Studien zur Jugendkunde *2*, 1–27, 52–74, 97–98. Nachdruck in: Helmers, H. (Hrsg.): Zur Sprache des Kindes. Wiss. Buchges., Darmstadt 1969, S. 1–59.

Caroll, J. B.: Diversity of vocabulary and the harmonic series law of word frequency distribution. Psychol. Rec. *2*, 379–386, 1938.

Chotlos,J.W.: Statistical and comparative analysis of individuell written language samples. Psychol. Rev. *56*, 75–111, 1944.

Frank, H., Klugmann, D. und Wendt, S.: Über den Informationsgehalt der Laute der deutschen Sprache. GrKG *4*(3–4), 65–72, 1963.

Fucks, W.: Mathematische Analyse des literarischen Stils. Stud. Gen. *6*(9), 506–523, 1953.

Fucks, W.: Unterschied des Prosastils von Dichtern und anderen Schriftstellern. Sprachforum *1*, 234–244, 1955.

Fucks, W.: Die mathematischen Gesetze der Bildung von Sprachelementen aus ihren Bestandteilen. Nachrichten-technische Fachberichte Bd. 3: Informationstheorie, Vieweg, Braunschweig 1956, S. 7–21.

Fucks, W.: Nach allen Regeln der Kunst. DVA, Stuttgart 1968.

Gunzenhäuser, R. und Riek, W.: Ergebnisse einer Untersuchung zur Formalstruktur der Sprache in der Sportpublizistik. GrKG *13*(4), 127–134, 1972.

Herdan, G.: Type-Token-Mathematic. Mouton & Cie, 'S-Gravenhage 1965.

Kaeding, F.W.: Häufigkeitswörterbuch der deutschen Sprache. Selbstverlag, Steglitz 1897. Abdruck in: GrKG *4*, Beiheft 1963.

Kullmann, P.: Statistische Untersuchungen zur Sprachpsychologie. Z. Psychol. und Physiol. d. Sinnesorgane, Abt. 1: Z. Psychol. *54*, 290–310, 1910.

Lüdtke, H.: Der Vergleich metrischer Schemata hinsichtlich ihrer Redundanz. In: Krenzer, H. und Gunzenhäuser, R. (Hrsg.): Mathematik und Dichtung. Nymphenburger, München 1965, 1967[2], S. 233–242.

Marbe: Über den Rhythmus in der Prosa, Gießen 1904.

Meier, H.: Deutsche Sprachstatistik I/II. Olms, Hildesheim 1964.

Meyer-Eppler, W.: Grundlagen und Anwendung der Informationstheorie. Springer, Berlin und Heidelberg 1959, 1970[2].

Miller, G.A.: Language and communication. McGraw Hill, N.Y. 1951.

Schlismann, Annemarie: Sprach- und Stilanalyse mit einem vereinfachten Aktionsquotienten. Wiener Z. Phil. Psychol. u. Päd. *2*, 42–62, 1948/49.

Schroers, R. (Hrsg.): Auf den Spuren der Zeit – Junge deutsche Prosa. List, München 1959.

Schultze, H.: Umschau-Jahrbuch 1972: 18 aktuelle Beiträge aus Wissenschaft und Technik. Umschau, Frankfurt/M. 1971.

Shannon, C. E.: A mathematical theory of communication. Bell Syst. Techn. J. *27*, 379–423, 623–656, 1948.

Shannon, C. E.: Prediction and entropy of printed english. Bell Syst. Techn. J. *30*(1), 50–64, 1951.

Somers, H. H.: Analyse mathématique du langage. Edition Nauwelaerts, Louvain 1959.

Thorndike, E. L. und Lorge, I.: Teachers wordbook of 30 000 words. Columbia University 1944.

Yule, G. U.: On sentence-length as a statistical characteristic of style in prose, with applications in two cases of disputed authorship. Biometrika *30*, 363–390, 1938.

Zemanek, H.: Elementare Informationstheorie, Oldenbourg, Wien und München 1959.

Zerwadse, G.: Tschikoidse, G. und Gatschetschiladse, Th.: Die Anwendung der mathematischen Theorie der Wortbildung auf die georgische Sprache. GrKG *3*(3), 110–118, 1962.

Eingegangen am 19. April 1973

Anschrift des Verfassers:

Hermann Peter Pomm, 6302 Lich 1, Höhlerstr. 10

Zur Definition der Begriffe Lernschritt und Lehrschritt

von Klaus WELTNER, Frankfurt

Aus dem Seminar für Didaktik der Physik im Fachbereich Physik der
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt

1. Die Begriffe Lernschritt und Lehrschritt werden weitgehend synonym verwandt. Sie bezeichnen ursprünglich das kleinste abgeschlossene Element eines Lehrprogramms mit den Bestandteilen: Information, Frage, Antwort. Im Anschluß an KELBERT (1964) faßte FRANK den Lehrschritt als Element eines Lehralgorithmus auf, verallgemeinerte ihn und paßte ihn den Bedingungen dialogfähiger Lehrsysteme an (FRANK 1973). Danach ist der Lehrschritt als Lehrereignis eine definierte Sequenz von Ausgabewörtern eines personalen oder apersonalen Lehrsystems. Der Lehrschritt wird durch seine Grenzen definiert: Beginn ist das Urteil des Lehrsystems über die Reaktion des Lerners auf den vorangegangenen Lehrschritt; Ende ist die Aufforderung zu einer neuen Reaktion des Lerners. Zwischen diesen beiden Grenzen ist ein Dialog zwischen Lehrsystem und Lerner möglich, der eine beliebige Menge von Eingabe- und Ausgabewörtern enthalten kann. Insbesondere sind spontane Aktionen des Lerners wie Fragen möglich. Dies steht in Übereinstimmung mit Überlegungen BUNGs (1972) und dem Begriff der Lehrsequenz wie er in der beschreibenden Pädagogik benutzt wird. Diese Erweiterung des Lehrschrittbegriffs erweist sich in zwei Richtungen als nützlich:

a) Die Menge der Variationen einer Interaktion zwischen Lehrsystem und Lernsystem läßt sich bei gleichem Anfang und gleichem Ende als gleicher Lehrschritt klassifizieren.
b) Die Verallgemeinerung löst den Lehrschritt von seiner Bindung an zeitlich kurzfristige Verläufe, die sich an der Gegenwartsdauer orientieren oder auf einfache Reiz-Reaktionsketten beschränken.

Automatentheoretisch ist der Lehrschritt damit die Äquivalenzklasse der Aktionen und Reaktionen des Lehrsystems, die durch gleiche und zwangsläufige Ausgabewörter zu Beginn und zu Ende begrenzt sind. Innerhalb des Lehrschrittes kann, am Schluß muß der Lerner agieren.

Eine terminologische Unklarheit bleibt insofern zurück, als in den Begriff die vollständige Interaktion zwischen Lehrsystem und Lerner eingeht. Diese Unklarheit kann durch die scharfe Unterscheidung zwischen Lehrschritt und Lernschritt beseitigt werden. Lernschritt ist dann der komplementäre Begriff zum Lehrschritt.

Ein Lernschritt ist die Sequenz geistiger (mentaler) und körperlicher Operationen des Lerners während eines Lehrschritts. Beginn ist die Wahrnehmung des Urteils hinsichtlich der Reaktion auf den vorangegangenen Lehrschritt. Ende ist die Reaktion auf den abschließenden Reiz (Frage, Aufruf) des Lehrschritts.

Innerhalb eines Lernschrittes kann eine beliebige Sequenz von Interaktionen mit dem Lehrsystem erfolgen. In diesem verallgemeinerten und gleichzeitig präzisierten Begriff des Lernschritts stehen die mentalen Operationen des Lerners im Zentrum der Betrachtung. Der Lernschritt ist weder auf Operationen innerhalb der Gegenwartsdauer beschränkt noch an kurze Reiz-Reaktionsketten gebunden. Der Lernschritt enthält mindestens eine extern wahrnehmbare Reaktion (overt response), die Abschlußreaktion, die für das Lehrsystem die Grundlage für die Ausgabe des nächsten Lehrschrittes ist.

2. Die Notwendigkeit dieser Begriffsbildung erhellt auch daraus, daß an vielen Stellen die Tätigkeiten des Adressaten von Unterrichtsmaßnahmen analysiert werden. So nennt NIEDDERER eine Folge von Lernakten Tätigkeitsstruktur. BEINER/BUSSMANN sprechen von Lernstruktur, BUNG von Lernalgorithmen. Im Lernschritt wird hier die kleinste geschlossene Einheit präzisiert. Die Beschreibung eines Lernschritts setzt die Analyse der mentalen Operationen voraus. Sie ist von einer pädagogisch orientierten Lerntheorie zu leisten. Dabei kann man sich der von GAGNÉ oder BLOOM entwickelten Kategorien bedienen. Häufig wird es einfacher sein, auf phänomenologische Begriffe zurückzugreifen.

Mentale Operationen, die im Laufe eines Lernschritts auftreten können, können sein:

Wahrnehmen einer vom Lehrsystem dargebotenen Information,
Speichern als gedächtnismäßige Einprägung von Information,
Erinnern und *Assoziieren* als Vergegenwärtigung von Gedächtnisinhalten auf Reize des Lehrsystems,

Verknüpfen wahrgenommener erinnerter oder assoziierter Bewußtseinsinhalte durch Bildung von Zuordnung, Generalisierung, Erinnern von Zusammenhängen.

Externe Operationen des Lerners können sein:

Schreiben,
Zeichnen,
Sprechen,
Eingeben kodierter Nachrichten über Tastenfelder.

Lernschritte können einfach oder hochkomplex sein. Ein einfacher Lernschritt soll am Beispiel der Bearbeitung eines klassischen Lehrprogramms erläutert werden. Er besteht aus drei Operationen. Lehrschritt und Lernschritt sind einander gegenübergestellt.

Lehrschritt	Lernschritt
D Mutter arbeitet in der Küche heißt im Englischen: Mother works in the ________	*Wahrnehmen* des Urteils auf die Reaktion hinsichtlich einer Auswahlfrage. *Erinnern* der im vorangegangenen Lernschritt eingelernten Zuordnung Küche = kitchen (covert response) *Hinschreiben* des Erinnerungsinhaltes (overt response).

Ein Beispiel für einen hochkomplexen Kernschritt, der lange Phasen selbständiger Tätigkeit enthält, ist aus einem Leitprogramm in Buchform entnommen. Innerhalb des Lernschrittes studiert der Lerner ein ganzes Kapitel und beantwortet darauf eine Sequenz von Fragen. Je nach Ausfall der Antwort wird er mit Hilfen versehen und auf das Studium zurückverwiesen. Der Lernschritt endet mit der letzten Reaktion auf die Sequenz der Fragen.

Lehrschritt	Lernschritt
Studieren Sie jetzt Abschnitt 9.3 des Lehrtextes: *Koordinatensystem* Exzerpieren Sie neue Begriffe. Skizzieren Sie unter Zuhilfenahme des Textes die Funktion $R = \cos \varphi$ Leiten Sie ohne Zuhilfenahme des Textes das Flächenelement in Polarkoordinaten und das Volumelement in Kugelkoordinaten ab. $dF =$ ________ $dV =$ ________ Bei Schwierigkeiten finden Sie Hilfen auf Seite 36	*Wahrnehmen* und *Identifizieren* neuer Begriffe *Exzerpieren* neuer Begriffe *Nachvollzug* von Rechnungen *Einprägen* neuer Rechenalgorithmen *Lösen von Aufgaben* mit und ohne Zuhilfenahme des Textes *Schlußreaktion: Zeichnen* und Eintragen der Lösung

Die komplexe Sequenz der mentalen Operationen kann einen reduzierten Dialog mit dem Lehrsystem einschließen. Ein umfangreicherer Dialog ist bei adaptiven rechnergestützten Systemen möglich. Problemlösungsaufgaben könnten noch komplexere Lernschritte erfordern wie:

Analyse der Problemsituation,
Erinnerung eines Repertoires von Lösungsstrategien,
Erkennen fehlender Information,
Beschaffung fehlender Information durch selbständiges Aufsuchen und Interpretieren von Literatur,
Verifizierung von Lösungen.

Bei personalem Unterricht oder dialogfähigen Lehrautomaten kann der Lernschritt einen freien Dialog mit dem Lehrsystem einschließen, bei dem der Lerner Fragen stellt und Hilfen auf von ihm festzulegenden Niveaus abruft. Weiter können die Lehrsysteme auch Rechenhilfen und benötigte Funktionen anbieten.

Anhand des letzten Beispiels ist vor allem deutlich, daß der Lernschritt hier als längere Sequenz komplexer Operationen verstanden wird, der sehr viele Freiheitsgrade enthalten kann.

Gerade anspruchsvolle Lehr- und Lernziele im Bereich von Schule und Hochschule bestehen im Erwerb und Aufbau komplexer Verhaltensformen und Kompetenzen.*) Genau dieser Tatsache wird mit der Erweiterung und Verallgemeinerung der Begriffe Lehrschritt und Lernschritt Rechnung getragen.

Diese Erweiterung entspricht ebenso der Forderung BUNGs (1972) nach größeren Lehrsequenzen wie dem Plädoyer BOECKMANNs (1973) nach einem weniger direktiven Programmierungsstil und der Erweiterung der Freiheitsgrade für den Lerner. Insbesondere werden in dem erweiterten Begriff des Lernschritts die größeren selbständigen Arbeitsphasen im Rahmen von Leitprogrammen (SCHIRM, ZIELKE) und Arbeitstechniken im Rahmen integrierender Leitprogramme (WELTNER, WIESNER) erfaßt. Er folgt damit der Entwicklungstendenz der Bildungstechnologie, sich mehr an anspruchsvolleren Lehrzielen zu orientieren.

Schrifttumsverzeichnis

Beiner, F.; Bussmann, H.: Von der operationalen Lernzieldefinition zur Lernstruktur. In: Neue Unterrichtspraxis 1971, Heft 1, S. 36–45

Bloom, B.S.: Taxonomy of educational objectives, New York 1956

Boeckmann, K.: Plädoyer für ein nichtdirektives Programmieren. In: Rollett, B.; Weltner, K. (Hrsg.), Fortschritte und Ergebnisse der Bildungstechnologie 72, München 1973

Bung, K.: Teaching algorithms – learning algorithms. Vortrag auf der Jahrestagung der APLET 1972, Bath, England

Frank, H.: Zur Verallgemeinerung des Lehrschrittbegriffs. In: GrKG 14/2, S. 57–65

Gagné, R.: Die Bedingungen des menschlichen Lernens. Hannover 1968

Lehnert, U.: Elemente und Strukturprinzipien einer Theorie des rechnerunterstützten Unterrichts. In: GrKG 13/3, S. 73–87, 1972

Niedderer, H.: Sachstruktur, Tätigkeitsstruktur und Verhaltensdisposition als Grundbegriffe fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsarbeit. In: Schmidt, H. (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie, Hannover 1973

Weltner, K.; Wiesner, H.: Förderungen von Selbstinstruktionstechniken im Hochschulunterricht durch integrierende Leitprogramme. In: Unterrichtswissenschaft, Heft 3, 1973, S. 111–120

Anmerkung:

*) Wie immer der Lehralgorithmus konstruiert ist, mindestens der letzte Lernschritt, besser eine Sequenz abschließender Lehrschritte, muß zu Lernschritten führen, die mit dem durch die Lehr-Lernziele geforderten kompetenten Verhalten kongruent sind.

Notiz zu einem informationellen Deutungsschema für den Aufbau der realen Welt

von Hans-Werner KLEMENT, Dortmund

Die Definition des Begriffes Information erfolgte zunächst unter nachrichtentechnischen Gesichtspunkten, also im Zusammenhang mit der menschlichen Kommunikation. Als dann der genetische Kode entdeckt wurde, zeigte sich, daß Information bereits bei der Entstehung des Lebens und bei der Vererbung eine Rolle spielt. Die Untersuchungen von Manfred Eigen u.a. über die Evolution von Makromolekülen deuten darauf hin, daß es Information darüber hinaus auch im Bereich der unbelebten Materie gibt. Es zeigt sich somit, daß Information in der gesamten Natur eine bedeutende Rolle spielt.

Konrad Zuse (1969) setzt sich mit der Frage auseinander, ob die Einbeziehung von Begriffen der Informations- und Automatentheorie in physikalische Betrachtungen zu einer Beeinflussung physikalischer Theorien führen kann. Er benutzt dabei digitalisierte Modelle, erklärt aber ausdrücklich, daß seine Methode zunächst heuristischer Natur sei. Interessante Hinweise auf Informationssysteme in der unbelebten Natur gibt auch Alexej Armand (1972).

Die in dem vorliegenden Aufsatz zusammengefaßten Überlegungen führen unter anderen Aspekten ebenfalls zu dem Vorschlag, den Begriff der Information in die Physik einzuführen. Ebenso wie die Methode von Zuse ist dieser Aufsatz heuristischer Natur und soll nur zur Anregung weiterer Untersuchungen dienen.

Ein Informationsbestand liegt dann vor, wenn zwischen einer Menge von Elementen eines Systems Verknüpfungen bestehen, die in einem Intervall unabhängig von unspezifischen Einflüssen und die unabhängig von Änderungen der raum-zeitlichen Koordinaten des Systems sind. Ein solcher Informationsbestand kann durch Raum und Zeit „transportiert" werden. Er ändert sich nur, wenn neue Information (eine Nachricht) zufließt, d.h. wenn spezifische Einflüsse die Verknüpfungen ändern. Durch Verbindung des Informationsträgers mit einem geeigneten Funktionsträger kann Information in Funktion umgesetzt werden.

Es ist demnach geradezu das Wesen der Information, daß sie die Speicherung von „Ursachen" und ihre Umsetzung in „Wirkung" bei veränderten raum-zeitlichen Koordinaten ermöglicht.

Was hiermit gemeint ist, soll anhand der folgenden formalen Darstellung erläutert werden, bei der die Raumkoordinaten des Systems als konstant angenommen sind, so daß nur der Ablauf in der Zeit beschrieben wird. Wir betrachten ein System, das den Anfangszustand Z_0 haben soll, und dem zu den Zeitpunkten $t_0, t_1, \ldots, t_{n-1}$ Nachrichten I_t zugeflossen sind. Für einen Zustand Z_{t_n} zum Zeitpunkt t_n gilt dann

(1) $$Z_0, I_{t_0}, I_{t_1}, \ldots, I_{t_{n-1}} \Rightarrow Z_{t_n}.$$

Zum Zeitpunkt t_n fließe nun die Nachricht I_{t_n} zu, welche das System in einen Zustand versetzt, der nach einem bestimmten Kode die Funktion F_{t_n} auslöst. Es gilt dann

$$Z_{t_n}, I_{t_n} \Rightarrow F_{t_n}$$

und wegen (1)

(2) $$Z_0, I_{t_0}, I_{t_1}, \ldots, I_{t_{n-1}}, I_{t_n} \Rightarrow F_{t_n}.$$

I_{t_n} ist hierbei eine aktuelle Ursache der Funktion bzw. der Wirkung F_{t_n}, während es sich bei dem Zustand Z_{t_n} des Systems zum Zeitpunkt t_n um „gespeicherte Ursachen" in Form eines Informationsbestandes handelt.

Es gibt auf allen Ebenen des Naturgeschehens Systeme, bei denen aus der Menge der Elemente einerseits Informationsträger und andererseits Funktionsträger gebildet werden, die durch einen Kode miteinander verknüpft sind, der die Übersetzung von Information in Funktion bewirkt.

Derartige von der Natur gebildete Systeme haben die offenbar wesentliche Eigenschaft, Ursachen speichern und zu einem späteren Zeitpunkt, gegebenenfalls auch an einem anderen Ort, in Wirkung umsetzen zu können. Die zu diesem Zeitpunkt zufließende Nachricht – in unserer Darstellung I_{t_n} – gewinnt „Bedeutung", indem sie auf die im Informationsträger und Funktionsträger gespeicherte Information trifft.

Stellt man die Systeme auf den verschiedenen Ebenen des Naturgeschehens zusammen, so ergibt sich ein eindrucksvolles Bild der einzelnen Abschnitte der Evolution; eindrucksvoll deshalb, weil das gleiche Muster auf den verschiedenen Ebenen wiederkehrt (Tabelle). Dabei werden Systeme zu Bausteinen für komplexere Systeme, und auch die Strukturen und Kodes der Information werden von Ebene zu Ebene komplexer.

Evolutionsebene	Systemelemente	System	Informationsträger	Funktionsträger	Kode
1	Materie/ Energie	Atom	Atomkern	Atomhülle	Gesetze des periodischen Systems als Kode
2	Atome	Zelle	Basen, DNS, RNS, Gene, Chromosomen, Zellkern	Aminosäuren Proteine	Genetischer Kode
3	Zellen	Lebewesen	Nervensystem	Organe und andere Funktionsträger	vorsprachlicher Kode im Zusammenhang mit dem bewußten Erleben von Wahrnehmungen
4	Lebewesen	Gesellschaft	führende Individuen	geführte Individuen	Sprachen

Besondere Aufmerksamkeit soll dabei auf die Ebene der Lebewesen gelenkt werden, deren Informationsträger die Nervensysteme und deren Funktionsträger die Organe, Extremitäten usw. sind. Informationsträger und Funktionsträger sind auf dieser Ebene durch einen vorsprachlichen Kode verknüpft, der noch weitgehend unaufgeklärt ist. Mit großer Sicherheit kann angenommen werden, daß die Umsetzung von Information in Funktion auf dieser Ebene mittels eines Kodes bewirkt wird, der in engem Zusammenhang mit dem bewußten Erleben von Wahrnehmungen steht.

Auf den verschiedenen Ebenen des Naturgeschehens scheinen sich somit Eigengesetzlichkeiten zu zeigen. Es besteht aber Grund zu der Annahme, daß die Gesetzlichkeiten der einzelnen Ebenen letztlich durch die Gesetze der Atomphysik erklärt werden können, worauf schon oft hingewiesen wurde. Eine solche Erklärung dürfte allerdings nur möglich sein, wenn eine Verbindung hergestellt wird durch die Anwendung des Begriffes Information auf alle Ebenen, also auch auf das physikalische Geschehen. Hierbei müßten Systeme in die Physik eingeführt werden, welche Ursachen speichern und bei veränderten raum-zeitlichen Koordinaten in Wirkung umsetzen. Eine Untersuchung, was dies für das physikalische Denken bedeuten würde, wäre voraussichtlich lohnend, insbesondere im Hinblick auf die Frage des Determinismus im mikrophysikalischen Bereich.

Schrifttumsverzeichnis

Armand, Alexej: Informationssysteme der toten Natur, Bild der Wissenschaft, Nr. 2, Februar 1972, S. 145

Zuse, Konrad: Rechnender Raum, Schriften zur Datenverarbeitung Band 1, herausgegeben von Dr. Paul Schmitz und Dr. Christoph Heinrich, Friedr. Vieweg und Sohn, Braunschweig 1969

Eingegangen am 4. August 1973

Anschrift des Verfassers:

Dr. Hans-Werner Klement, 46 Dortmund-Wichlinghofen, Füssmannstr. 16

Zum Einfluß einiger Eigenschaften von Aufgaben auf den Zentralisiertheitsgrad des sie lösenden Systems

von Wolfgang KRAH, Bersenbrück

Wir betrachten ein aufgabenlösendes System, das aus einer Gesamtheit von Teilsystemen (*Ts*) und einer sie leitenden Zentrale (*Z*) besteht. Um eine Aufgabe zu lösen, ist eine bestimmte Anzahl Entscheidungen zu treffen. Soll die Aufgabenlösung eine bestimmte Mindestgüte haben, müssen die erforderlichen Entscheidungen auch eine bestimmte Mindestgüte aufweisen. Es möge in allen Fällen feststellbar sein, ob diese Mindestgüte oder -qualität erreicht ist. Um eine Entscheidung derartiger Mindestqualität zu erarbeiten, bedarf es einer bestimmten Zeitspanne. Sie wird bestimmt dadurch, was für eine Entscheidung zu erarbeiten ist, und wer sie erarbeitet. Für die anschließenden Überlegungen interessiert nur, ob derjenige, der die Entscheidung erarbeitet, der *Z* oder den *Ts* angehört (in Kurzformulierung: ob *Z* oder die *Ts* entscheiden).

Die Aufgabe wird in der geforderten Mindestqualität dann am schnellsten gelöst, wenn für jede Entscheidung derjenige zuständig ist, der sie in der kürzesten Frist erarbeiten kann. (Statt die Qualität der Lösung festzusetzen und minimale Lösungszeit zu erstreben, könnte man auch die Lösungsfrist festsetzen und maximale Güte der Lösung als Ziel setzen. Die anschließenden Überlegungen würden die gleichen bleiben.)

Bezeichnen wir die Zeitspanne, die die *Z* benötigt, um eine Entscheidung zu erarbeiten mit E_Z, und die Zeitspanne, die hierfür die *Ts* brauchen, mit E_{Ts}, so wird also *Z* die Entscheidung dann fällen, wenn E_Z kürzer ist als E_{Ts}. Ist E_Z länger als E_{Ts}, entscheiden die *Ts*. Es möge also immer der schnellste Entscheidungserarbeiter die betreffende Entscheidung auch fällen.

Angenommen, bei der Lösung der ersten Aufgabe sei *Z* für eine gegebene Entscheidung der schnellere Entscheidungserarbeiter und also auch Entscheidungsfäller, bei der nächsten Aufgabe jedoch, die die gleiche Entscheidung zu erarbeiten verlangt, seien die *Ts* die schnelleren Entscheidungserarbeiter. Dann geht die Kompetenz für diese Entscheidung von *Z* auf die *Ts* über.

Schnellste Aufgabenlösung ist also mit einer bestimmten Kompetenzverteilung zwischen *Z* und den *Ts* für die zu treffenden Entscheidungen verknüpft. Im weiteren soll an dieser Verteilung nur das Verhältnis zwischen der Zahl der von *Z* gefällten Entscheidungen zur Zahl der Entscheidungen insgesamt interessieren. Dies Verhältnis sei Zentralisiertheitsgrad des Systems (*Zg*) genannt. Sind Aufgabe und System gegeben, so ist für die schnellste Aufgabenlösung der *Zg* festgelegt, weil ja die Kompetenzverteilung festgelegt ist.

Ändert sich die Aufgabe oder wird zu einer neuen Aufgabe übergegangen, so wird im allgemeinen auch der *Zg* zu ändern sein, falls auch die geänderte oder die neue Aufgabe schnellstmöglich gelöst wird.

Die Änderung einer Aufgabe oder den Übergang zu einer neuen kann man sich vorstellen als einen Vorgang, bei dem bestimmte Aufgabeneigenschaften ihre Intensität ändern. Das Auftauchen und Verschwinden von Aufgabeneigenschaften beim Übergang von einer Aufgabe zur nächsten läßt sich durch die Extreme „Zunahme der Eigenschaftsintensität von Null auf den und den Wert" oder „Abnahme der Eigenschaftsintensität auf Null" erfassen.

Will man Beziehungen zwischen zu lösenden Aufgaben und dem günstigsten *Zg* des die Aufgaben lösenden Systems finden, muß man als erstes Aufgabeneigenschaften finden, die den *Zg* signifikant verändern, wenn sich ihre Intensität ändert.

An einer Aufgabe kann man unübersehbar viele Eigenschaften ermitteln, ähnlich wie an einem materiellen Gegenstand oder Prozeß. Viele scheiden für unser Unterfangen als irrelevant aus, weil ihre Veränderungen den *Zg* nicht beeinflussen.

Bei den Eigenschaften, deren Intensitätsänderungen sich auf den zu wählenden *Zg* auswirken, empfiehlt es sich, sich auf möglichst allgemeine formale Eigenschaften zu konzentrieren, also auf solche, die unabhängig sind vom konkreten Charakter der Aufgabe, etwa von der Zugehörigkeit der Aufgabe zu einem bestimmten Bereich der Realität oder zu bestimmten Zielstellungen. Denn je allgemeiner die betrachteten Aufgabeneigenschaften sind, um so eher dürfen wir durchschaubare Beziehungen zwischen ihnen und dem erforderlichen *Zg* erwarten. Die nötigen Veränderungen des *Zg* in Abhängigkeit von Änderungen sehr spezieller Aufgabeneigenschaften werden hingegen viel öfter durch das Vorliegen oder Fehlen anderer spezieller Eigenschaften der Aufgabe mitbestimmt werden. Und diese werden sich nur aufgrund von Untersuchungen der konkreten Situation angeben lassen.

Da wir uns mit Entscheidungsquantitäten zu befassen haben, werden die zu suchenden Aufgabeneigenschaften für diese relevant sein müssen.

Wir werden drei solche Eigenschaften auffinden, und zwar durch folgende Überlegungen: Alle hier interessierenden Aufgaben bestehen aus einer Anzahl Teilaufgaben (*Ta*). Die Lösung der Gesamtaufgabe besteht aus den Lösungen dieser *Ta* und danach der Kombination bzw. Koordination dieser Teilaufgabenlösungen (*Tal*) zur Gesamtlösung. Um z.B. die Aufgabe „Herstellung des materiellen Gegenstands *G*" zu lösen, müssen einmal *Tal* für die Herstellung der Teile des Gegenstands erarbeitet werden. Zum andern ist ein Schema, ein Plan zur Zusammenfügung bzw. Koordination der hergestellten Einzelteile zu erarbeiten.

Letztere Tätigkeit erfordert ebenfalls die Lösung bestimmter Aufgaben. Die letzteren seien Tal_k genannt (Teilaufgabenlösungen koordinativer Art), die ersteren *Tal* könnten wir Teilaufgabenlösungen im engeren oder eigentlichen Sinne (Tal_e) nennen. Jede Gesamtlösung kann somit aufgefaßt werden als aus diesen beiden Arten *Tal* bestehend.

Stillschweigend vorausgesetzt ist dabei, daß für die Lösung der Aufgabe bereits ein Plan vorliegt, welche *Tal* zu lösen sind, und selbstverständlich auch, welche Bedingungen die Gesamtlösung zu erfüllen hat.

Durch diesen Plan zur Aufgabenlösung (*Pal*) sind dem System natürlich gewisse Entscheidungen abgenommen, nämlich die, welche zur Aufstellung des Planes nötig sind. Der Plan könnte dem System noch weitere Entscheidungen abnehmen, indem er auch Anweisungen für mehr oder minder viele *Tal* gibt. Doch stellen wir diese Möglichkeit einstweilen zurück. Wir zeigen nun, daß eine erste *Zg*-bestimmende Eigenschaft das Verhältnis der Anzahl Tal_k zur Anzahl der *Tal* insgesamt ist: je höher der Anteil an Koordinierungsaufgaben gegenüber der Gesamtzahl der *Ta* überhaupt ist, um so höher hat *Zg* zu sein (gleichbleibende sonstige Umstände natürlich vorausgesetzt).

Begründung: Die Tal_e wie die Tal_k müssen von den *Ts* oder von *Z* erarbeitet werden (Zum möglichen Fall einer gemeinsamen Erarbeitung siehe Anhang). Um die zu fällenden Entscheidungen ausreichend günstig fällen zu können, müssen bestimmte Informationen gesammelt und verarbeitet werden. Diese Tätigkeiten verlangen, wenn sie eine Tal_e betreffen, keine oder nur geringe Berücksichtigung einer anderen Tal_e. Hat man z.B. ein Teilstück eines Gegenstandes herzustellen, das bestimmte Forderungen erfüllt, so braucht man dazu *kaum* Informationen über irgendwelche *andern* Teilstücke. Die Gewinnung der für eine Tal_e nötigen Entscheidungen kann daher dem *Ts* oder der *Ts*-gruppe anvertraut werden, die (das) das Teilstück herstellen soll, und sie (es) braucht dabei nicht oder nur wenig mit andern *Ts* zu kommunizieren. Es entstehen daher keine Kommunikationsprobleme.

Solche ergeben sich jedoch unvermeidlich bei der Gewinnung der Tal_k. Denn diese verlangen Informationen über alle zu koordinierenden Tal_e, da jede Tal_e das zu erstellende Koordinationsschema beeinflussen kann und oft auch wirklich modifiziert.

Sollten die *Ts* nicht nur die Tal_e, sondern auch noch deren Koordinierung erarbeiten, so würde dies folglich Kommunikationsakte zwischen den *Ts* verlangen. Die Zahl dieser Akte stiege mit wachsender Zahl der Tal_e wie der *Ts* sehr rasch an und würde schon bei relativ geringen Tal_e und *Ts*-zahlen unvertretbar hoch, weil die Abwicklung der Riesenzahl nötiger Kommunikationsakte untragbar lange Zeitspannen verlangen würde.

Wesentlich kürzer werden die Zeitspannen für die nötige Kommunikationstätigkeit, wenn die Koordinierungstätigkeit von einer besonderen Instanz, der *Z* durchgeführt wird. In diesem Fall brauchen die *Ts* nicht *miteinander* zu kommunizieren (im ungünstigsten Fall jedes *Ts* mit jedem), sondern nur mit der *Z*. Ein *Ts* hat dann nicht mehr viele Kommunikationspartner, sondern nur noch einen.

Wenn wie angenommen keinerlei Koordinierungsentscheidungen durch einen *Pal* vorgegeben sind, wird *Z* daher einen um so größeren Anteil der Entscheidungen zu treffen haben, je größer der Anteil der Koordinierungsentscheidungen innerhalb der Menge aller Entscheidungen ist. Wodurch wird nun der Anteil an Koordinierungsarbeit bestimmt? (Wir könnten auch sagen „An Koordinierung betreffenden Entscheidungen", da wir annehmen wollen, daß die Entscheidungen alle gleich aufwendig sind, bzw. daß wir mit durchschnittlichen Entscheidungen rechnen.)

Selbstredend steigt die Koordinierungsarbeit absolut gerechnet mit wachsender Zahl zu koordinierender Tal_e. Es fragt sich, ob auch anteilmäßig, da dann ja auch die Arbeit für die Gewinnung der Tal_e zunimmt. Die Koordinierungsarbeit vergrößert sich jedoch tatsächlich bei Tal_e-vermehrung stärker als die für die Tal_e-gewinnung nötige Arbeit. Dies läßt sich wie folgt einsehen (Wir rechnen auch bei den Tal_e mit Durchschnittswerten für ihren Gewinnungsaufwand). Bei der Koordinierungsarbeit haben nicht einzelne Tal_e betrachtet zu werden, sondern (mindestens!) Tal_e-paare: ‚paßt Tal_{ei} zu Tal_{ej}?' ist beispielsweise zu fragen. Bei k Tal_e sind $k(k-1)$ derartige Paare zu untersuchen, wenn die Beziehung von Tal_{ei} zu Tal_{ej} gesondert von der Beziehung Tal_{ej} zu Tal_{ei} zu untersuchen ist; wenn solche Unterscheidung unnötig ist, ergeben sich $k(k-1)$: 2 Untersuchungen. Also wächst mit wachsendem k die Koordinierungsarbeit immer genauer quadratisch, übersteigt das proportionale Wachstum der Arbeit für die Tal_e-gewinnung immer mehr. (Dazu kommt eventuell noch wachsende Koordinationsarbeit, die Gruppen von Tal_e betrifft. Tal_{ei} kann z.B. mit Tal_{ej} und Tal_{ek} einzeln verträglich sein, jedoch nicht mit Vorliegen von sowohl Tal_{ej} wie Tal_{ek}. Doch lassen wir diese zusätzliche Möglichkeit zugunsten unserer Überlegung der Vereinfachung wegen unerörtert!)

Unser Ergebnis ist somit: der *Zg* steigt unter Normalbedingungen mit der Zahl der Tal_e, die die Gesamtlösung enthält.

Freilich hängt der erforderliche *Zg* noch von weiteren Aufgabeneigenschaften ab. Ein Blick in die Wirklichkeit lehrt, daß recht oft zwei Aufgaben, die gleich viele Tal_e verlangen, unterschiedlich viel Koordinationsarbeit für diese verlangen, so daß das die Aufgaben lösende System bei beiden Aufgaben mit verschiedenem *Zg* arbeitet. Dies kann seinen Grund darin haben, daß die Tal_e bei der einen Aufgabe (*A*) im Durchschnitt stärker miteinander zusammenhängen als bei der andern (*B*). In *A* mag z.B. öfter eine Tal_e eine andere voraussetzen, die Möglichkeiten zur Lösungsfindung können häufiger durch andere Tal_e eingeschränkt werden oder werden es im Mittel stärker u.a.m.

Wenn man die Stärken dieser Beeinflussungen angeben kann, und sei es auch nur durch „stark", „mittelstark" und „schwach", so kann man ein quadratisches Schema entwerfen (Matrix), welches die Verbundenheit aller Tal_e darstellt.

Beispiel

	1	2		3	...	*i*	...	*k*
1	–	st		m	...	m	...	o
2	o	–		m	...	s	...	o
3	m	s		–	...	st	...	o
...	...	...	...	...	...	...	...	...
j	st	o		m	...	m	...	m
...	...	...	...	...	...	...	...	...
k	m	m		o		o		–

Die Ziffern bedeuten die einzelnen Tal_e.
st = starke Einwirkung
m = mittlere Einwirkung
s = schwache Einwirkung
o = keine Einwirkung

In den Kreuzungsfeldern, etwa von Spalte *i* und Zeile *j*, ist die Abhängigkeit der *i*-ten Tal_e von der *j*-ten Tal_e eingetragen. Aus diesen Angaben kann man dann die durchschnittliche Einwirkungsstärke der Tal_e aufeinander ermitteln. (In besonderen Fällen ist diese Größe unzureichend: eine Tal_e und eine zweite kann, jeweils für sich genommen, auf eine dritte ohne Einwirkung sein. Jedoch zusammen mögen beide auf die dritte durchaus einen Effekt ausüben. Doch auch diese Komplizierung bleibe undiskutiert).

Es ist leicht ersichtlich, daß eine Gesamtaufgabenlösung einen um so größeren Anteil an Tal_k enthält, je stärker o.g. durchschnittliche Abhängigkeit ist. Ist sie bei *A* klein, bei *B* groß, so wird der *Zg*, wenn beide Aufgaben gleichviele Tal_e erfordern, für *A* beträchtlich kleiner sein als für *B*. Denn je höher o.g. mittlere Beeinflussungsstärke ist, um so mehr Koordinierungsarbeit muß pro Tal_e geleistet werden, weil man im Durchschnitt um so später beim Untersuchen der diskutablen Koordinierungsmöglichkeiten auf eine gangbare trifft. (In praxi wird die Koordinationsarbeit meist auch Erarbeitungen für Korrekturen einzelner Tal_e enthalten müssen, weil für die vorliegende Tal_e sich überhaupt keine gangbare Koordinierungsmöglichkeit ergibt.)

Als dritte *Zg*-relevante Aufgabeneigenschaft ist der Grad zu nennen, in dem der *Pal* zusätzlich zur Angabe der *Tal* bereits Entscheidungen für die *Tal* liefert. (Bisher war angenommen, daß er diesbezüglich überhaupt keine Angaben enthält.) Daß hier wirklich eine *Zg*-relevante Eigenschaft vorliegt, ersieht man daraus, daß ein vollständiger Lösungsplan, einer der alle erforderlichen Entscheidungen beinhaltet, das *Zg*-problem verschwinden ließe, weil dann weder die *Ts* noch die *Z* Entscheidungen zu erarbeiten haben. Ein solcher vollständiger *Pal* ist jedoch ein nur selten verwirklichtes Extrem. Gewöhnlich ist er mehr oder minder unvollständig. Ist die Unvollständigkeit gleichmäßig auf die Tal_e und Tal_k verteilt, d.h. nimmt der *Pal* beiden Tätigkeiten denselben Prozentsatz Entscheidungen ab, ist sein Unvollständigkeitsgrad formal gesehen *Zg*-irrelevant. (In praxi wird freilich oft die Einsparung des gleichen Prozentsatzes Entscheidungen, auch wenn sie als einheitlich aufwendig angesehen werden dürfen, die

Tal_e- und Tal_k-erarbeitungen nicht gleichmäßig vermindern.) Bedeutsam ist die Möglichkeit, daß der *Pal* für die Tal_e und die Tal_k unterschiedlich unvollständig ist. Dann verschiebt sich natürlich definitionsgemäß der *Zg*, verglichen mit derselben Situation, jedoch bei gleicher *Pal*-Unvollständigkeit für die beiden Teilaufgabenarten. *Zg* ist dann nicht mehr proportional dem Verhältnis $m/m+n$, sondern m und n sind dann mit dem „Unvollständigkeitsgrad" des *Pal* für die Tal_e und die Tal_k zu multiplizieren. Es mag so z.B. möglich werden, daß eine Aufgabe mit großem Anteil Koordinierungsarbeit trotzdem mit relativ wenigen *Z*-Entscheidungen gelöst werden kann, weil ein hoher Prozentsatz der Koordinierungsentscheidungen schon im *Pal* angegeben ist.

Entscheidungskapazität der Z und Zg

Die Argumente dafür, daß alle Koordinationsentscheidungen der *Z* obliegen sollen, können unter bestimmten Bedingungen hinfällig werden. Gemäß unserer Thematik fragt sich, wie diese Umstände von der gestellten Aufgabe abhängen. Auch wenn die Eigenschaften des Systems nicht zur Diskussion stehen, kann doch gesagt werden, daß die *Z* auf jeden Fall eine endliche Entscheidungskapazität hat. Sie kann nur eine endliche Zahl von Entscheidungen in einer geforderten Zeit ausreichend günstig treffen, denn wegen des Informationssammelns und -verarbeitens braucht sie pro Entscheidung eine durchschnittliche (Mindest)-Zeit. (Letztere ist von Aufgabe zu Aufgabe verschieden, doch sei hiervon zunächst abgesehen.) Erlaubt die Terminsetzung der Aufgabe nicht, daß für jede Entscheidung diese Mindestzeit zur Verfügung steht, so wird die Entscheidungskapazität der *Z* überlastet, die durchschnittliche Qualität ihrer Entscheidungen sinkt. Je mehr Entscheidungen der *Z* über ihre Entscheidungskapazität hinaus abverlangt werden, je mehr sie überlastet wird, um so mehr sinkt die Qualität ihrer Entscheidungen. Wenn die Zahl der zu erarbeitenden Entscheidungen nicht gesenkt werden kann – etwa durch Vervollständigung des *Pal* für die Koordination – kann o.g. Qualitätsabfall der Entscheidungen so groß werden, daß es das kleinere Übel wird, bestimmte Koordinierungsentscheidungen (u.U. ganze Tal_k) an ausgewählte *Ts* zu delegieren, d.h. den *Zg* zu senken. Warum?

Die Tal_k verlangen nicht in allen Fällen, das gesamte System der *Tal* zu berücksichtigen. Oft wird man eine koordinative Teilaufgabe schon mit ausreichender Qualität lösen können, wenn nur ein Teil der Tal_e in Betracht gezogen wird; vor allem dann, wenn dieser Teil mit dem Rest der Tal_e nicht allzu stark verbunden ist. Tal_k für einen solchen Teil durch eine *Ts*-gruppe zu erarbeiten, erfordert erheblich weniger Kommunikationsakte seitens der beteiligten *Ts* als kollektive Erarbeitung von Tal_k, die alle Tal_e berücksichtigen müssen. Die betreffende *Ts*-gruppe kann dann unter Umständen die geforderte Tal_k in der geforderten Zeit in besserer Qualität erarbeiten, als es die stark überlastete Zentrale vermöchte.

Die separate Erarbeitung einzelner Tal_k durch *Ts*-gruppen wird um so mehr Erfolg versprechen, je unabhängiger die Tal_k voneinander sind, je mehr die Aufgabe in wenig verknüpfte Teilaufgabenkomplexe zerfällt. Je homogener hingegen die Bindungen zwischen den Tal_e verteilt sind, um so unbefriedigender wird o.g. Verfahren arbeiten, weil bei ihm die Belange der Gesamtkoordination ja teilweise unberücksichtigt bleiben.

Wenn ab einer bestimmten Entscheidungszahl pro Zeiteinheit Entscheidungen von der *Z* auf die *Ts* delegiert werden, so bedeutet dies natürlich, daß von diesem Punkt ab der *Zg* sinkt. Mit Zunahme der Zahl der Tal_e kann also der *Zg* ein Maximum durchlaufen. Da diese Erscheinung von der endlichen Entscheidungskapazität jeder *Z* herrührt, darf sogar verschärfend behauptet werden, daß ein solches Sinken des *Zg* immer auftreten muß, wenn nur die Zahl der Tal_e groß genug wird.

Anhang

In bestimmten Fällen muß die Festsetzung des *Zg* als Quotient der Zahl der von *Z* gefällten Entscheidungen durch die Zahl aller gefällten Entscheidungen verfeinert werden.

Erstens kann es Gründe geben, die Entscheidungen entsprechend ihrer Relevanz für die Aufgabenlösung mit Gewichtungskoeffizienten zu versehen.

Zweitens können manche Entscheidungen von *Z* und *Ts* gemeinsam erarbeitet werden. Geschieht dies aufgrund einer vorausgegangenen gemeinsamen Diskussion, so ist kein Verfahren angebbar, wie der Anteil der *Z* und der *Ts* an der betreffenden Entscheidung zu ermitteln wäre. Wenn man jedoch die Entscheidung in Teilentscheidungen aufspalten kann, lassen sich unter Umständen solche Verfahren angeben.

Beispiel: Die Entscheidung besteht in der Wahl einer Variante aus acht vorliegenden Varianten. Vier derselben mögen das Merkmal *a* haben, vier das Merkmal *b*. *Z* entscheidet, daß eine *a*-Variante zu wählen ist; die *Ts* entscheiden, welche *a*-Variante gewählt wird. Gleiche Relevanz aller Entscheidungen angenommen, könnte man dann den bit-Gehalt der beiden Entscheidungen als Grundlage dafür nehmen, wie die Gesamtentscheidung auf *Z* und *Ts* aufgeteilt wird. *Z* hat eine Entscheidung von 1 bit gefällt (Auswahl zwischen zwei Vierergruppen), die *Ts* haben eine Entscheidung zwischen vier Möglichkeiten getroffen, was zwei bit ergibt. Die Entscheidungsanteile verhalten sich also wie 1:2. Der *Z* kommt 1/3, den *Ts* 2/3 an der Entscheidung zu.

Schließlich könnte man einen differenzierteren *Zg* einführen für Systeme mit mehr als zwei Hierarchieebenen.

Um einen Ausdruck für den *Zg* eines solchen Systems zu erhalten, gehen wir von der einleuchtenden Forderung aus, daß dessen *Zg* um so höher anzusetzen ist, je mehr Entscheidungen auf möglichst hoher Ebene getroffen werden. (Alle Ebenen außer der untersten betrachten wir als zu *Z* gehörig.) Der Beitrag einer Ebene zum *Zg* muß also bestimmt sein sowohl von der Zahl in ihr gefällter Entscheidungen wie auch von ihrer Höhe in der Hierarchie. Den gewünschten quantitativen Ausdruck für den *Zg* könnte man dann wie folgt erhalten (bzw. festsetzen):

Den Prozentsatz der von der untersten Ebene, von den nicht zu *Z* gehörenden Systemteilen gefällten Entscheidungen multipliziert man mit dem Korrekturkoeffizienten 0. (Damit $Zg = 0$ ist, wenn alles in dieser Ebene entschieden wird.) Der Prozentsatz der nächsthöheren Ebene erhält den Koeffizienten 1; der Prozentsatz der darüber liegenden Ebene den Koeffizienten 2 usw. Der Prozentsatz der i-ten Ebene erhält also den Koeffizienten $i-1$. Wenn a Hierarchieebenen vorliegen, bekommt

die höchste also den Koëffizienten $a-1$. Wenn sie alles entschiede, ergäbe sich ein Zg von $a-1$. Damit sich jedoch 1, der höchste Zg gemäß unserem bisherigen Vorgehen, ergibt, dividieren wir das Ergebnis durch $a-1$.

Bei irgendwelcher Verteilung der Anteile der Entscheidungen, etwa P_1 auf der untersten, P_2 auf der zweituntersten usw. erhielten wir:

$$Zg = \frac{P_1 \cdot 0 + P_2 \cdot 1 + P_3 \cdot 2 + \dots P_a(a-1)}{a-1}$$

Beispiel: Das System habe 5 Hierarchieebenen. Die vier obersten mögen jeweils 1/10 aller Entscheidungen fällen und die unterste demgemäß 6/10. Der Zg wäre dann

$$\begin{aligned} & (0{,}1 \cdot 4 + 0{,}1 \cdot 3 + 0{,}1 \cdot 2 + 0{,}1 \cdot 1 + 0{,}6 \cdot 0)/4 \\ = \; & (0{,}4 + 0{,}3 + 0{,}2 + 0{,}1)4 = 0{,}25. \end{aligned}$$

Wenn die vier oberen Ebenen zu einer einzigen verschmölzen, also zu einer homogenen Zentrale, so wäre $Zg = 0{,}4$. Daß er durch Differenzierung sinkt, ist plausibel: die Z enthält nicht mehr nur eine, sozusagen höchste Ebene, sondern noch andere mehr oder minder tiefere, die zum Zg entsprechend weniger beisteuern.

Eingegangen am 24. März 1973

Anschrift des Verfassers:

Dr. Wolfgang Krah, 4558 Bersenbrück, Quakenbrücker Straße 10

Veranstaltungen

Vom 18. – 20. Januar 1974 kommt der kybernetisch-pädagogische Arbeitskreis (Arbeitsgruppe Kybernetik der GPI) zu seinem zweiten Vierteljahrestreffen zusammen. Die Klausurtagung findet an der Gesamthochschule Siegen statt und wird von Privatdozent Dr. W. Schmid, 5 Köln 1, Augustinerstr. 7, vorbereitet. Der Arbeitskreis, dem etwa siebzig Fachvertreter der kybernetischen Pädagogik aus Deutschland und seinen Nachbarländern angehören, wird sein drittes Vierteljahrestreffen im Rahmen des GPI-Kongresses in Wiesbaden veranstalten.

Das 12. Internationale Symposion über Lehrmaschinen und Programmierten Unterricht wird von der Gesellschaft für Programmierte Instruktion (GPI) vom 17. – 20. April 1974 in Wiesbaden durchgeführt. Anmeldungen von Referaten nehmen das Sekretariat der GPI c/o FEoLL 479 Paderborn, Rathenaustr. 69–71, bzw. die ersten Sprecher der Arbeitsgruppen bis zum 15.1.74 entgegen.

Personalien

Prof. Dr. Rul Gunzenhäuser wurde auf den Lehrstuhl für Informatik an der Universität Stuttgart als ordentlicher Professor berufen.

Der Wiss. Assistent an der Gesamthochschule Siegen, Dr. Wolfgang Schmid, hat sich für das Lehrgebiet „Kybernetische Pädagogik" an der GHS Siegen habilitiert. Es handelt sich um die erste Habilitation für dieses Gebiet in der Bundesrepublik Deutschland.

Neuerscheinungen

Begriffswörterbuch der kybernetischen Pädagogik, Paderborner Forschungsberichte Band 1, herausgegeben und bearbeitet von Helmar Frank und Gerhard Hollenbach, Verlag Hermann Schroedel Hannover und Ferdinand Schöningh Paderborn, 1973, DM 16,80.

B. Rollett und K. Weltner (Hsg.): Fortschritte und Ergebnisse der Bildungstechnologie 2, Referate des 10. Symposions der Gesellschaft für Programmierte Instruktion 1972, Ehrenwirth München, 1973, 430 S., Vorzugspreis für GPI-Mitglieder DM 42,–.

Clemens Hackl: Schaltwerk- und Automatentheorie I, Sammlung Göschen Bd. 6011, 157 S., Walter de Gruyter, Berlin 1972, DM 12,80.
Dieses Buch stellt für den Leser eine sehr anschauliche Einführung in die Theorie der Automaten dar. Entsprechend der Absicht des Autors, die behandelte Thematik auch für Nicht-Mathematiker leicht verständlich zu machen, wird bewußt auf mathematischen Ballast verzichtet.
Nach einer weitgehend verbalen Einführung in die Materie wird dem Leser das nötige Grundwissen über Modelle und Aufgaben der Automatentheorie vermittelt. Anschließend werden Endliche Automaten und Schaltwerke beschrieben und formal erfaßt. Der Autor hat großen Wert auf das technische Verständnis gelegt und die theoretischen Abhandlungen durch konkrete Beispiele aus der Praxis veranschaulicht. Durch die jedem Kapitel angeschlossenen Übungsaufgaben wird das Verständnis der Materie und der Bezug zur Praxis weiter vertieft.
Es möge als Anregung für eine Neuauflage aufgefaßt werden, zu den Übungsaufgaben auch die Lösungswege und die Ergebnisse mit anzugeben. Auch könnten die für die Minimisierung von Schaltwerken wichtigen Karnogh-Veitch-Tafeln ausführlicher und nicht nur im Anhang behandelt werden. (E. Meier)

A. Ya. Lerner: Fundamentals of Cybernetics, Chapman & Hall, London, 1972, £ 6.00.
Das Buch wendet sich an Leser ohne große mathematische Vorkenntnisse. Die grundlegenden kybernetischen Begriffe werden anhand von Beispielen gewonnen und illustriert. Dem Verfasser gelingt es sehr gut, die Ebene des Beispiels zu verlassen und die allgemeine Bedeutung kybernetischer Grundprinzipien und Betrachtungsweisen deutlich werden zu lassen.
Das Buch beginnt mit einer Darstellung des allgemeinen System- und Modellbegriffs. Die Bedeutung des Begriffs der Information wird bei der Steuerung von Systemen klar. Die fächerübergreifende Funktion der Kybernetik wird in Kapiteln über das Lernen (Mustererkennung), Regelung und Informationsverarbeitung in der Biologie und über den Digitalrechner deutlich. (D. Simons)

Hinweise

Der kybernetisch-pädagogische Arbeitskreis (in Verbindung mit der Arbeitsgruppe Kybernetik der GPI) hat zum Abschluß seiner Paderborner Wochenendtagung am 21.10.73 die folgende vorläufige Empfehlungsliste für die Anschaffung kybernetisch-pädagogisch relevanter Bücher durch Bibliotheken des deutschen Sprachraums beschlossen.

1. Die folgenden Bücher sollten als Minimalbestand des Gebiets „kybernetische Pädagogik" in allen öffentlichen Bibliotheken greifbar sein, welche u.a. auch pädagogische Literatur führen:

Blankertz, H.: Theorien und Modelle der Didaktik, München, 1971; 5. Auflage. DM 12,– (kartoniert), DM 16,– (Leinen)
Bung, K.: Probleme der Aufgabenanalyse bei der Erstellung von Sprachprogrammen, Groos, Heidelberg, 1970. DM 8,50
Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik. Band 1: Allgemeine Kybernetik; Band 2: Angewandte kybernetische Pädagogik und Ideologie. Baden-Baden und Stuttgart, 1969, 2. Auflage. Band 1 DM 29,80, Band 2 DM 22,–
Frank, H. (Hsg.): Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht, Klett, Stuttgart, Oldenbourg, München, 1963 – 1966. Bd. 1 DM 19,80; Bd. 2 DM 13,80; Bd. 3 DM 19,80; Bd. 4 DM 29,80
Frank, H. und Meder, B.: Einführung in die kybernetische Pädagogik. München, 1971, dtv-Taschenbuch, 204 S., DM 5,80
Landa, L.N.: Algorithmierung im Unterricht. Volk und Wissen, Volkseigener Verlag Berlin, 1969. DM 25,–
Lehnert, U. (Hsg.): Elektronische Datenverarbeitung in Schule und Ausbildung – Erfahrungen, Praxis, Planungen in Deutschland, München, 1970
Meder, B.S. und Schmid, W. (Hsg.): Kybernetische Pädagogik – Schriften 1958–1972, Kohlhammer, Stuttgart 1973, 4 Bände. Je DM 18,–
Rollett, B. und Weltner, K. (Hsg.): Fortschritte und Ergebnisse der Bildungstechnologie[2], Referate des 10. Symposions der Gesellschaft für Programmierte Instruktion 1972, Ehrenwirth, München, 1973. DM 62,–
Weltner, K.: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft, Schnelle, Quickborn, 1970. DM 29,–

2. Über die oben genannten Bücher hinaus sollten alle Bibliotheken von Einrichtungen der Lehrerbildung (Pädagogische Hochschulen, Universitäten, Seminare für Studienreferendare etc.) mindestens noch die folgenden kybernetisch-pädagogisch relevanten Bücher führen:

Begriffswörterbuch der kybernetischen Pädagogik, Schroedel, Hannover, 1973. DM 16,80
Bung, K.: Ansätze zu einer Theorie des programmierten Sprachunterrichts, Julius Groos, Heidelberg, 1972. DM 16,–
Cherry, C.: Kommunikationsforschung – eine neue Wissenschaft. S. Fischer Verlag, Frankfurt, 1967 (2. deutsche Auflage). DM 15,80
Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik (Gekürzte Taschenbuchausgabe des unter (1) genannten zweibändigen Originalwerkes), Stuttgart, 1971, Urban-Taschenbuch, 240 S. DM 9,80
Frank, H.: Kybernetik und Philosophie, Duncker & Humblot, Berlin, 1966. DM 33,60
Frank, H. und Meyer, I.: Rechnerkunde – Elemente der digitalen Nachrichtenverarbeitung und ihre Fachdidaktik, Urban-Taschenbuch, Stuttgart, 1972. DM 8,80
Freibichler, H.: Probleme und Perspektiven des RUU, Schroedel, Hannover, 1973
König, E. und Riedel, H.: Unterrichtsplanung als Konstruktion, Beltz, Weinheim, 1971; 2. Auflage. DM 14,80
Müller, D.D. und Rauner, F.: Bildungstechnologie zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Lexika-Verlag, Döfflingen 1972. Ca. DM 16,–
Rauner, F. und Trotier, J.: Computergesteuerter Unterricht, Kohlhammer, Stuttgart, 1971. DM 19,80
v.Cube, F.: Kybernetische Grundlagen des Lehrens und Lernens, Klett, Stuttgart, 1965. DM 19,80
Walther, H.: Lehrstrategie und Lehreffektivität, Ernst-Reinhardt-Verlag, München, 1973. Ca. DM 18,–

3. Bibliotheken solcher Einrichtungen der Lehrerbildung, bei welchen die kybernetische Pädagogik und Bildungstechnologie mögliches Vertiefungs- und Prüfungsgebiet ist, sollten zusätzlich mindestens noch folgende einschlägigen Bücher führen:

Flechtner, H.J.: Grundbegriffe der Kybernetik, Stuttgart, 1969; 4. Auflage. DM 42,50
Frank, H. (Hsg.): Kybernetik – Brücke zwischen den Wissenschaften, Frankfurt, 1970. DM 21,80
Frank, H.: Kybernetische Analysen subjektiver Sachverhalte, Quickborn, 1964. DM 9,60
Kämmerer: Einführung in mathematische Methoden der Kybernetik, Akademie-Verlag, Berlin, 1971
Klaus, G.: Kybernetik in philosophischer Sicht, Dietz-Verlag, (Ost-)Berlin, 4. Auflage
Klaus, G.: Kybernetik und Erkenntnistheorie. VEB Verlag der Wissenschaften, (Ost-)Berlin, 1972. DM 19,80
Melezinek, A. (Hsg.): Ingenieurpädagogik, Heyn, Klagenfurt, Band 1 1972, Band 2 1973
Meschkowski, H. (Hsg.): Meyers Handbuch über die Mathematik, Mannheim, 1972; 2. Auflage. DM 36,–
Mužić, Vladimir: Komparativni Rječnik Termina i z Programirane Nastave. Zagreb, 1971, Pädagogisch-philosophische Fakultät. (Mehrsprachiges Fachwörterbuch)
Paderborner Werkstattgespräche 1, Formaldidaktiken, Schroedel, Hannover, 1972. DM 10,60
Paderborner Werkstattgespräche 2, Prüfungsobjektivierung, Schroedel, Hannover, und Schöningh, Paderborn, 1973. DM 17,80
Paderborner Werkstattgespräche 4, Rechnerkunde, Schroedel und Schöningh, 1973. DM 17,80
Praxis und Perspektiven des Programmierten Unterrichts, Schnelle, Quickborn, Band 1, 1965, Band 2, 1967
Riedel, H.: Psychostruktur, Schnelle, Quickborn, 1967. DM 19,50
Rollett, B. (Hsg.): Praxis und Theorie des Programmierten Unterrichts. Referate des 6. Symposions über Lehrmaschinen und Programmierte Instruktion, Klett, Stuttgart, 1968. DM 15,80
Rollett, B. und Weltner, K. (Hsg.): Perspektiven des Programmierten Unterrichts, Österreichischer Bundesverlag, Wien, 1970. Ca. DM 24,–
Rollett, B. und Weltner, K. (Hsg.): Fortschritte und Ergebnisse der Unterrichtstechnologie, Referate des 8. Symposions der GPI 1970, Ehrenwirth, München, 1971. Ca. DM 40,–
Stachowiak, H.: Denken und Erkennen im kybernetischen Modell, Springer, Wien und New York, 2. Auflage. DM 47,50
Steinbuch, K.: Automat und Mensch, Heidelberger Taschenbücher, Springer, Berlin 1971, 4. Auflage. DM 16,80
Weltner, K. et al.: Bildungstechnologie und naturwissenschaftlicher Unterricht, BTZ, Wiesbaden, 1973

4. Ergänzend wird die Anschaffung der folgenden Schriften empfohlen:

Atkinson, Bower, Crothers: An Introduction to Mathematical Learning Theory, Wiley, 1967. Ca. DM 60,–
Boeckmann, K. und Heymen, N.: Die Herstellung programmierter Lehrmaterialien. Oldenbourg, München, 1973
Bung, K. (Hsg.): Programmed learning and the language laboratory, Longmac, Victoria Hall, London, 1973. Ca. DM 40,–
Bung, K.: The technology of foreign language instruction, Longmac, Victoria Hall, London, 1973. Ca. DM 60,–
Bung, K.: A theoretical model for programmed language instruction, Longmac, London, 1973. Ca. DM 50,–
Frank, H. (Hsg.): Kybernetische Maschinen, S. Fischer-Verlag, 1964 (Reihe: Welt im Werden). DM 19,80
Gavini, G.: Manuel de formation aux techniques de l'enseignement programmé. Editions Hommes et Techniques, Paris, 1965
Itelson, L.B.: Matemetitscheskie i kibernetitscheskie metodi w pedagogike. Isdatelstwo „Prosweschtschenie", Moskau, 1964. Ca. DM 1,80
Klotz, G.: Programmierter Unterricht – ein Verfahren für morgen. München, 1969. DM 10,80
Moles, A.: La communication, Centre d'Etude et de Promotion de la Lecture, Paris, 1971
v.Cube, F.: Was ist Kybernetik, dtv-Taschenbuch, 1971. DM 4,80
Zierer, E.: Elementos de pedagogia Cibernética, Trujillo/Peru, 1970 (Universität)